



Praktis Belajar

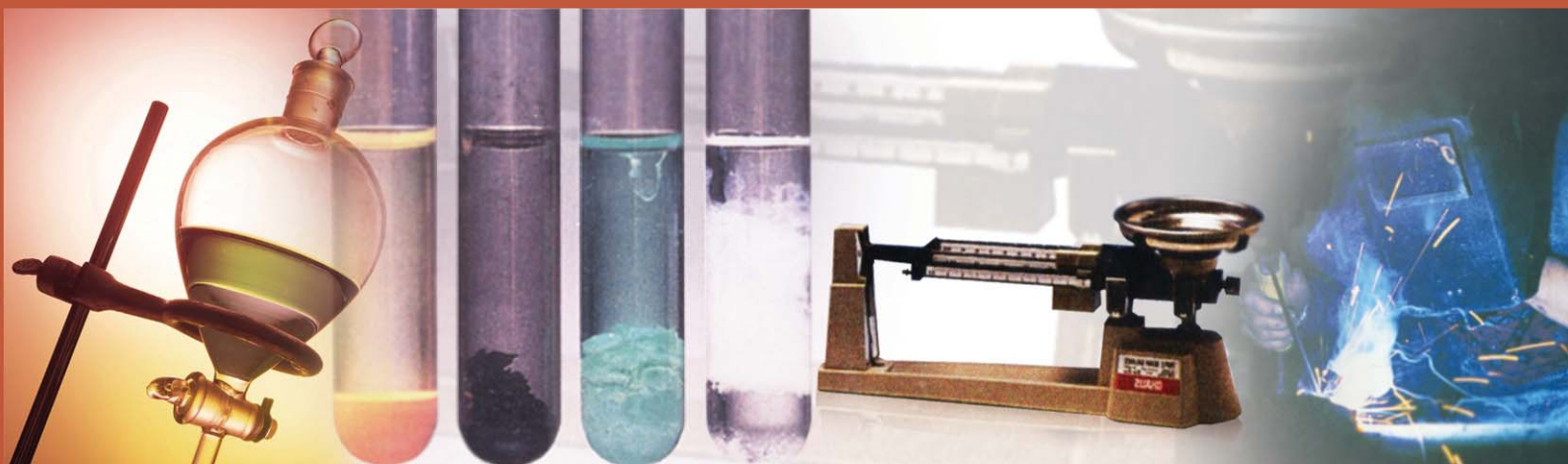
# Kimia

untuk Kelas XII

Sekolah Menengah Atas/Madrasah Aliyah  
Program Ilmu Pengetahuan Alam

Iman Rahayu

3



**Pusat Perbukuan**  
Departemen Pendidikan Nasional

Praktis Belajar

# Kimia

untuk Kelas XII

Sekolah Menengah Atas/Madrasah Aliyah

Program Ilmu Pengetahuan Alam

Iman Rahayu

3



**Pusat Perbukuan**  
Departemen Pendidikan Nasional

Hak Cipta pada Departemen Pendidikan Nasional  
dilindungi Undang-undang

**Praktis Belajar Kimia**

untuk Kelas XII

Sekolah Menengah Atas/Madrasah Aliyah  
Program Ilmu Pengetahuan Alam

Penulis : Iman Rahayu  
Penyunting : Farida Dzalfa  
Pewajah Isi : Deni Wardani  
Ilustrator : Yudiana  
Pewajah Sampul : Dasiman  
Ukuran Buku : 21 x 29,7 cm

540.7

IMA  
p

IMAN Rahayu

Praktis Belajar Kimia 1 : Untuk Kelas X Sekolah Menengah Atas/Madrasah  
Aliyah / penulis, Iman Rahayu ; penyunting, Farida Dzalfa  
; ilustrator, Yudiana.

— Jakarta : Pusat Perbukuan, Departemen Pendidikan Nasional, 2009.  
vi, 194 hlm. : ilus. ; 30 cm.

Bibliografi : hlm. 194

Indeks

ISBN 978-979-068-713-4 (nomor jilid lengkap)

ISBN 978-979-068-716-5

1. Kimia-Studi dan Pengajaran I. Judul

II. Farida Dzalfa III. Yudiana

Hak Cipta Buku ini dibeli oleh Departemen Pendidikan Nasional  
dari Penerbit PT. Visindo Media Persada

Diterbitkan oleh Pusat Perbukuan  
Departemen Pendidikan Nasional Tahun 2009

Diperbanyak oleh ....

## Kata Sambutan

Puji syukur kami panjatkan ke hadirat Allah SWT, berkat rahmat dan karunia-Nya, Pemerintah, dalam hal ini, Departemen Pendidikan Nasional, pada tahun 2009, telah membeli hak cipta buku teks pelajaran ini dari penulis/penerbit untuk disebarluaskan kepada masyarakat melalui situs internet (*website*) Jaringan Pendidikan Nasional.

Buku teks pelajaran ini telah dinilai oleh Badan Standar Nasional Pendidikan dan telah ditetapkan sebagai buku teks pelajaran yang memenuhi syarat kelayakan untuk digunakan dalam proses pembelajaran melalui Peraturan Menteri Pendidikan Nasional Nomor 27 Tahun 2007.

Kami menyampaikan penghargaan yang setinggi-tingginya kepada para penulis/penerbit yang telah berkenan mengalihkan hak cipta karyanya kepada Departemen Pendidikan Nasional untuk digunakan secara luas oleh para siswa dan guru di seluruh Indonesia.

Buku-buku teks pelajaran yang telah dialihkan hak ciptanya kepada Departemen Pendidikan Nasional ini, dapat diunduh (*download*), digandakan, dicetak, dialihmediakan, atau difotokopi oleh masyarakat. Namun, untuk penggandaan yang bersifat komersial harga penjualannya harus memenuhi ketentuan yang ditetapkan oleh Pemerintah. Diharapkan bahwa buku teks pelajaran ini akan lebih mudah diakses sehingga siswa dan guru di seluruh Indonesia maupun sekolah Indonesia yang berada di luar negeri dapat memanfaatkan sumber belajar ini.

Kami berharap, semua pihak dapat mendukung kebijakan ini. Kepada para siswa kami ucapkan selamat belajar dan manfaatkanlah buku ini sebaik-baiknya. Kami menyadari bahwa buku ini masih perlu ditingkatkan mutunya. Oleh karena itu, saran dan kritik sangat kami harapkan.

Jakarta, Juni 2009  
Kepala Pusat Perbukuan



## Petunjuk Penggunaan Buku

Buku **Praktis Belajar Kimia** untuk Kelas XII ini terdiri atas tujuh bab, yaitu Sifat Koligatif Larutan, Reaksi Redoks dan Elektrokimia, Kimia Unsur, Kimia Inti, Senyawa Karbon Turunan Alkana, Benzena dan Turunannya, dan Makromolekul. Berikut penyajian materi dan pengayaan yang terdapat dalam buku ini.

1. **Advance Organizer** menyajikan contoh penerapan/ manfaat dari materi yang akan dipelajari, bersifat dialogis dan terkini.
2. **Soal Pramateri** merupakan uji awal pengetahuan umum Anda yang mengacu kepada materi bab tersebut.
3. **Gambar dan Ilustrasi** ditampilkan dengan memadukan gambar dan ilustrasi yang bersesuaian dengan materi.
4. **Selidikilah** merupakan tugas yang diberikan kepada Anda berkaitan dengan materi yang akan dipelajari. Tugas ini mengajak Anda untuk berpikir kritis, kreatif, dan inovatif.
5. **Tantangan Kimia** diberikan kepada Anda untuk mencari jawaban soal terbuka sehingga Anda akan tertantang untuk belajar lebih jauh.
6. **Kegiatan Semester** merupakan tugas semester yang dikerjakan secara berkelompok.
7. **Soal Penguasaan Materi** berisi tentang pertanyaan yang terdapat di setiap akhir subbab.
8. **Peta Konsep** berguna sebagai acuan untuk Anda dalam mempermudah mempelajari materi dalam bab.
9. **Evaluasi Materi Bab** merupakan sarana evaluasi dalam memahami materi pelajaran dalam satu bab.
10. **Evaluasi Materi Semester** merupakan sarana evaluasi dalam memahami materi pelajaran dalam satu semester.
11. **Evaluasi Materi Akhir Tahun** merupakan sarana evaluasi dalam memahami materi pelajaran dalam satu tahun.
12. **Fakta Kimia** berisi informasi menarik, terkini, dan konkret yang berkaitan dengan materi bab.
13. **Legenda Kimia** memuat tokoh-tokoh kimia yang berjasa di bidangnya.
14. **Kata Kunci** merupakan kunci dari suatu konsep dalam materi yang akan memudahkan Anda untuk mengingat konsep tersebut.
15. **Apendiks** merupakan lampiran yang berisi kunci jawaban, tabel periodik unsur, dan beberapa tetapan kimia.
16. **Kamus Kimia** merupakan kamus kecil kata-kata penting dalam materi pada setiap bab.
17. **Indeks** berisi rujukan kata-kata dalam bab yang memudahkan Anda dalam pencarian kata-kata penting.



# Kata Pengantar

Kimia merupakan ilmu kehidupan. Fakta-fakta kehidupan, seperti tumbuhan, manusia, udara, makanan, minuman, dan materi lain yang sehari-hari digunakan manusia dipelajari dalam Kimia. Kimia sangat erat kaitannya dengan kehidupan.

Oleh karena itu, perlu adanya peningkatan kualitas pendidikan Kimia di sekolah agar membentuk siswa yang memiliki daya nalar dan daya pikir yang baik, kreatif, cerdas dalam memecahkan masalah, serta mampu mengomunikasikan gagasan-gagasannya. Atas dasar inilah kami menerbitkan buku **Praktis Belajar Kimia** ke hadapan pembaca. Buku ini menghadirkan aspek kontekstual bagi siswa dengan mengutamakan pemecahan masalah sebagai bagian dari pembelajaran untuk memberikan kesempatan kepada siswa membangun pengetahuan dan mengembangkan potensi mereka sendiri.

Materi dalam buku ini diharapkan dapat membawa Anda untuk memperoleh pemahaman tentang ilmu Kimia sebagai proses dan produk. Materi pelajaran Kimia yang disajikan bertujuan membekali Anda dengan pengetahuan, pemahaman, dan sejumlah kemampuan untuk memasuki jenjang yang lebih tinggi, serta mengembangkan ilmu Kimia dalam kehidupan sehari-hari.

Oleh karena itu, mendudukkan Kimia hanya sebatas teori di dalam kelas, tidak saja akan membuat siswa kurang memahaminya, tetapi juga menghambat tercapainya tujuan pembelajaran. Melalui buku **Praktis Belajar Kimia** ini, Anda diharapkan dapat menyenangi pelajaran Kimia.

Materi-materi bab di dalam buku ini disesuaikan dengan perkembangan ilmu dan teknologi terkini. Selain itu, buku ini disajikan dengan bahasa yang mudah dimengerti dan komunikatif sehingga Anda seolah-olah berdialog langsung dengan penulisnya.

Kami menyadari bahwa penerbitan buku ini tidak akan terlaksana dengan baik tanpa dukungan dan bantuan dari berbagai pihak. Untuk itu, dengan hati yang tulus, kami ucapkan terima kasih atas dukungan dan bantuan yang diberikan. Semoga buku ini dapat memberi kontribusi bagi perkembangan dan kemajuan pendidikan di Indonesia.

Jakarta, Juni 2007

Penerbit

# Daftar Isi

Kata Sambutan • iii  
Petunjuk Penggunaan Buku • iv  
Kata Pengantar • v

## Semester 1

**Bab 1**  
**Sifat Koligatif Larutan ..... 1**  
**A.** Molalitas dan Fraksi Mol ..... 2  
**B.** Sifat Koligatif Larutan Nonelektrolit ..... 5  
**C.** Sifat Koligatif Larutan Elektrolit..... 15  
Evaluasi Materi Bab 1 ..... 21



**Bab 2**  
**Reaksi Redoks dan Elektrokimia ..... 23**  
**A.** Reaksi Redoks ..... 24  
**B.** Sel Elektrokimia ..... 29  
**C.** Korosi..... 43  
Evaluasi Materi Bab 2 ..... 46



**Bab 3**  
**Kimia Unsur..... 49**  
**A.** Kelimpahan Unsur di Alam ..... 50  
**B.** Sifat-Sifat Unsur ..... 53  
**C.** Kegunaan dan Pembuatan Unsur-Unsur Kimia dan Senyawanya..... 62  
**D.** Penentuan Kadar Unsur Kimia dalam Suatu Produk ..... 70  
Evaluasi Materi Bab 3 ..... 74  
**Kegiatan Semester 1 ..... 77**



**Bab 4**  
**Kimia Inti ..... 79**  
**A.** Sifat-Sifat Unsur Radioaktif ..... 80  
**B.** Kegunaan dan Dampak Negatif Unsur Radioaktif ..... 87  
Evaluasi Materi Bab 4 ..... 94  
**Evaluasi Materi Semester 1 ..... 96**



## Semester 2



### Bab 5

<b>Senyawa Karbon Turunan Alkana .....</b>	<b>99</b>
<b>A.</b> Struktur Senyawa Karbon .....	100
<b>B.</b> Tata Nama Senyawa Karbon .....	103
<b>C.</b> Isomer Senyawa Karbon .....	122
<b>D.</b> Identitas Senyawa Karbon .....	125
<b>E.</b> Kegunaan Senyawa Karbon .....	129
Evaluasi Materi Bab 5 .....	132



### Bab 6

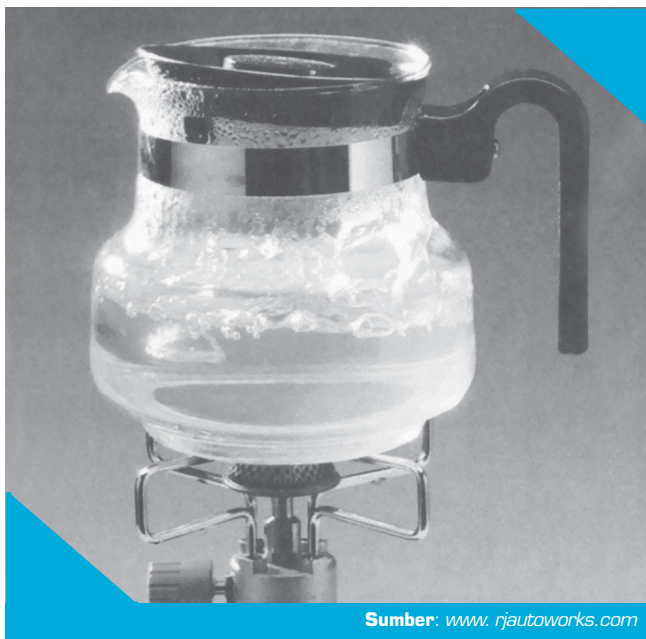
<b>Benzena dan Turunannya .....</b>	<b>135</b>
<b>A.</b> Rumus Struktur Benzena .....	136
<b>B.</b> Reaksi Substitusi dan Tata Nama Senyawa Turunan Benzena .....	137
<b>C.</b> Sifat, Kegunaan, serta Dampak Senyawa Benzena dan Turunannya ...	141
Evaluasi Materi Bab 6 .....	148



### Bab 7

<b>Makromolekul .....</b>	<b>151</b>
<b>A.</b> Polimer .....	152
<b>B.</b> Pembuatan Polimer .....	154
<b>C.</b> Karbohidrat .....	155
<b>D.</b> Protein .....	159
<b>E.</b> Plastik .....	162
<b>F.</b> Lemak dan Minyak .....	163
Evaluasi Materi Bab 7 .....	169
<b>Kegiatan Semester 2 .....</b>	<b>171</b>
<b>Evaluasi Materi Semester 2 .....</b>	<b>173</b>
<b>Evaluasi Materi Akhir Tahun .....</b>	<b>175</b>
<b>Apendiks I Kunci Jawaban .....</b>	<b>178</b>
<b>Apendiks II Tabel Unsur-Unsur Kimia .....</b>	<b>185</b>
<b>Apendiks III Harga Potensial Reduksi Unsur-Unsur .....</b>	<b>188</b>
<b>Kamus Kimia .....</b>	<b>189</b>
<b>Indeks .....</b>	<b>192</b>
<b>Daftar Pustaka .....</b>	<b>194</b>





Sumber: [www.rjautoworks.com](http://www.rjautoworks.com)

# Sifat Koligatif Larutan

Pada bab ini, Anda akan diajak untuk menjelaskan sifat-sifat koligatif larutan nonelektrolit dan elektrolit dengan cara menjelaskan penurunan tekanan uap, kenaikan titik didih, penurunan titik beku larutan, dan tekanan osmosis termasuk sifat koligatif larutan, serta membandingkan antara sifat koligatif larutan nonelektrolit dan sifat koligatif larutan elektrolit yang konsentrasinya sama berdasarkan data percobaan.

Telah Anda pahami pada pelajaran Kimia di Kelas XI sebelumnya, apa yang disebut larutan, sifat larutan asam dan basa, larutan penyangga, dan hidrolisis larutan garam. Sifat larutan lainnya yang akan kita selidiki dalam bab ini adalah sifat yang berhubungan dengan perubahan fisika, seperti tekanan uap, titik didih, titik beku, dan tekanan osmotik. Sifat-sifat tersebut merupakan sifat koligatif larutan.

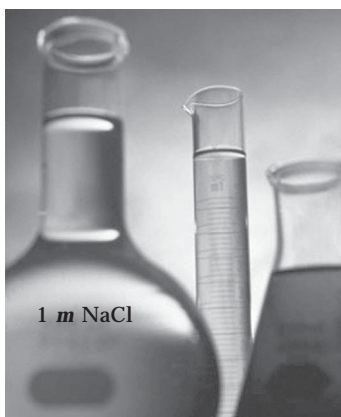
Jika Anda memasukkan suatu zat misalnya gula atau garam dapur ke dalam pelarut seperti air, larutannya akan memiliki titik didih yang lebih tinggi dibandingkan dengan titik didih air murni pada kondisi yang sama. Begitu juga dengan titik beku dan tekanan uapnya akan berbeda dengan air murni. Menurut Anda, mengapa dapat terjadi demikian? Pelajarilah bab ini dengan baik dan Anda akan mengetahui jawabannya.

- A. Molalitas dan Fraksi Mol**
- B. Sifat Koligatif Larutan Nonelektrolit**
- C. Sifat Koligatif Larutan Elektrolit**



## Soal Pramateri

1. Berapakah volume air yang dibutuhkan untuk membuat 5M NaCl dari 29 gram NaCl?
2. Apakah yang dimaksud dengan larutan elektrolit dan larutan nonelektrolit?
3. Apakah perbedaan antara sifat fisika dan sifat kimia suatu senyawa?



Sumber: [www.innovationcanada.ca](http://www.innovationcanada.ca)

### Gambar 1.1

Satuan konsentrasi molalitas memegang peranan penting dalam aktivitas di laboratorium.

## Anda Harus Ingat

Molalitas adalah jumlah mol zat terlarut per kilogram pelarut.

$$m = \frac{\text{massa}}{M_r} \times \frac{1.000}{p}$$

### You Must Remember

*Molality is total mole of solute per kilogram solvent.*

$$m = \frac{\text{mass}}{M_r} \times \frac{1.000}{p}$$

## A Molalitas dan Fraksi Mol

Dalam larutan, terdapat beberapa sifat zat yang hanya ditentukan oleh banyaknya partikel zat terlarut. Sifat ini disebut sebagai sifat koligatif larutan. Oleh karena sifat koligatif larutan ditentukan oleh banyaknya partikel zat terlarut, bab ini akan diawali dengan pembahasan mengenai konsentrasi larutan.

### 1. Molalitas (*m*)

Pada pelajaran sebelumnya, kita menyatakan konsentrasi dengan persentase (%) dan molaritas (M). Dalam perhitungan molaritas, kuantitas larutan didasarkan pada volume. Anda tentu ingat, volume merupakan fungsi suhu (zat akan memuai ketika dipanaskan). Oleh karena sifat koligatif larutan dipengaruhi suhu, diperlukan suatu besaran yang tidak bergantung pada suhu. Besaran tersebut dinyatakan berdasarkan massa karena massa tidak bergantung pada suhu, baik dari kuantitas zat terlarut maupun pelarutnya. Untuk itu, digunakan molalitas yang menyatakan jumlah partikel zat terlarut (mol) setiap 1 kg pelarut (bukan larutan). Larutan yang dibuat dari 1 mol NaCl yang dilarutkan dalam 1.000 g air dinyatakan sebagai larutan 1 molal dan diberi lambang 1 *m* NaCl. Molalitas didefinisikan dengan persamaan berikut.

$$\text{Molalitas } (m) = \frac{\text{Jumlah mol zat terlarut}}{\text{Jumlah kilogram pelarut}} \quad \text{atau} \quad m = \frac{\text{massa}}{M_r} \times \frac{1.000}{p}$$

Keterangan:

*m* = molalitas (mol/kg)

*M<sub>r</sub>* = massa molar zat terlarut (g/mol)

massa = massa zat terlarut (g)

*p* = massa zat pelarut (g)

Molalitas juga berguna pada keadaan lain, misalnya karena pelarut merupakan padatan pada suhu kamar dan hanya dapat diukur massanya, bukan volumenya sehingga tidak mungkin dinyatakan dalam bentuk molaritas. Perhatikanlah contoh soal penentuan molalitas berikut.

### Contoh 1.1

Sebanyak 30 g urea (*M<sub>r</sub>* = 60 g/mol) dilarutkan ke dalam 100 g air. Hitunglah molalitas larutan.

Jawab

$$\text{Mol urea} = \frac{\text{massa urea}}{M_r \text{ urea}} = \frac{30 \text{ g}}{60 \text{ g/mol}} = 0,5 \text{ mol}$$

$$\text{Massa pelarut} = 100 \text{ g} = \frac{100}{1.000} = 0,1 \text{ kg}$$

$$\text{Molalitas } (m) = \frac{0,5 \text{ mol}}{0,1 \text{ kg}} = 5 \text{ m}$$

Jadi, molalitas larutan urea adalah 5 *m*.

### Contoh 1.2

Berapa gram NaCl yang harus dilarutkan dalam 500 g air untuk menghasilkan larutan 0,15 *m*?

Jawab

Molalitas artinya jumlah mol zat terlarut per kilogram pelarut. 0,15 m berarti 0,15 mol NaCl dalam 1 kg (1.000 g) air.

0,15 mol NaCl dalam 1.000 g H<sub>2</sub>O

Untuk menghitung jumlah mol NaCl yang diperlukan untuk 500 g H<sub>2</sub>O, kita dapat menggunakan hubungan tersebut sebagai faktor konversi. Kemudian, kita dapat menggunakan massa molar NaCl untuk mengubah mol NaCl menjadi massa NaCl.

$$500 \text{ g H}_2\text{O} \times \frac{0,15 \text{ mol NaCl}}{1.000 \text{ g H}_2\text{O}} \times \frac{58,44 \text{ g NaCl}}{1 \text{ mol NaCl}} = 4,38 \text{ g NaCl}$$

Jadi, massa NaCl yang harus dilarutkan pada 500 g air untuk menghasilkan larutan 0,15 m adalah 4,38 g.

## Buktikanlah oleh Anda

Gunakan rumus  $m = \frac{\text{massa}}{M_r} \times \frac{1.000}{p}$  untuk menjawab soal pada Contoh 1.1 dan

Contoh 1.2. Apakah hasil yang diperoleh sama?

Kerjakanlah secara berkelompok dan presentasikan hasil yang diperoleh di depan kelas.

### Contoh 1.3

Berapakah kemolalan dari larutan 10% (w/w) NaCl? (w/w = persen berat)

Jawab

Larutan 10% (w/w), artinya  $\frac{10 \text{ g NaCl}}{100 \text{ g larutan NaCl}}$  w berasal dari kata weight.

Untuk mengetahui kemolalan, kita harus mengetahui jumlah mol NaCl.

10 g NaCl dapat diubah menjadi mol dengan menggunakan massa molar NaCl (58,44 g/mol). Untuk mengetahui massa air, dapat dilakukan dengan cara pengurangan 100 g larutan NaCl oleh 10 g NaCl.

massa air = 100 g - 10 g = 90 g

Untuk menentukan kemolalan, dapat dilakukan konversi sebagai berikut.

$$\frac{10 \text{ g NaCl}}{100 \text{ g larutan NaCl}} \times \frac{1 \text{ mol NaCl}}{58,44 \text{ g NaCl}} \times \frac{100 \text{ g larutan NaCl}}{90 \text{ g air}} \times \frac{1.000 \text{ g air}}{1 \text{ kg air}}$$

Jadi, larutan 10% (w/w) NaCl memiliki konsentrasi 1,9 m.

## Kupas Tuntas

Molalitas suatu larutan 20% berat C<sub>2</sub>H<sub>5</sub>OH (M<sub>r</sub> = 46 g/mol) adalah ....

- A. 6,4 m
- B. 5,4 m
- C. 4,4 m
- D. 3,4 m
- E. 0,4 m

### Pembahasan

C<sub>2</sub>H<sub>5</sub>OH 20% artinya 20 g C<sub>2</sub>H<sub>5</sub>OH dalam 80 g air.

$$m = \frac{\text{massa}}{M_r} \times \frac{1.000}{P} = \frac{20}{46} \times \frac{1.000}{80} = 5,4$$

Jadi, kemolalan larutan 20% berat C<sub>2</sub>H<sub>5</sub>OH adalah (B) 5,4 m.

UMPTN 1998

## Kata Kunci

- Fraksi mol
- Konsentrasi molal
- Sifat koligatif

## 2. Fraksi Mol

Fraksi mol merupakan satuan konsentrasi yang semua komponen larutannya dinyatakan berdasarkan mol. Fraksi mol komponen i, dilambangkan dengan x<sub>i</sub> adalah jumlah mol komponen i dibagi dengan jumlah mol semua komponen dalam larutan. Fraksi mol j adalah x<sub>j</sub> dan seterusnya. Jumlah fraksi mol dari semua komponen larutan adalah 1.

$$x_i = \frac{\text{Jumlah mol komponen i}}{\text{Jumlah mol semua komponen dalam larutan}}$$

$$x_i = \frac{n_i}{n_i + n_j}$$

Total fraksi mol = x<sub>i</sub> + x<sub>j</sub> = 1



Perhatikanlah contoh soal penggunaan fraksi mol berikut.

### Contoh 1.4

Larutan glukosa dibuat dengan melarutkan 18 g glukosa ( $M_r = 180 \text{ g/mol}$ ) ke dalam 250 g air. Hitunglah fraksi mol glukosa.

Jawab

$$x_{\text{glukosa}} = \frac{\text{mol glukosa}}{\text{mol glukosa} + \text{mol air}} = \frac{\frac{18}{180}}{\frac{18}{180} + \frac{250}{18}} = \frac{0,1}{0,1 + 13,9} = 0,01$$

Jadi, fraksi mol glukosa adalah 0,01.

### Kupas Tuntas

Fraksi mol suatu larutan metanol  $\text{CH}_3\text{OH}$  dalam air adalah 0,50. Konsentrasi metanol dalam larutan ini dinyatakan dalam persen berat adalah ....

- A. 50%
- B. 60%
- C. 64%
- D. 57%
- E. 50%

#### Pembahasan

mol metanol = mol air  
(misalkan 1 mol)  
massa metanol  
= mol  $\times M_r$   
=  $1 \times 32 = 32$   
massa air = mol  $\times M_r$   
=  $1 \times 18 = 18$

$$\begin{aligned} \%w/w &= \frac{\text{massa metanol}}{\text{massa larutan}} \times 100\% \\ &= \frac{32g}{32g + 18g} \times 100\% = 64\% \end{aligned}$$

Jadi, konsentrasi metanol dalam larutan dalam persen berat adalah (C) 64%

UMPTN 1998

### Contoh 1.5

Berapa fraksi mol dan persen mol setiap komponen dari campuran 0,2 mol  $\text{O}_2$  dan 0,5 mol  $\text{N}_2$ ?

Jawab

$$\begin{aligned} x_{\text{O}_2} &= \frac{\text{mol O}_2}{\text{mol O}_2 + \text{mol N}_2} \\ &= \frac{0,2 \text{ mol}}{0,2 \text{ mol} + 0,5 \text{ mol}} \end{aligned}$$

$$= \frac{0,2 \text{ mol}}{0,7 \text{ mol}} = 0,29$$

$$\begin{aligned} x_{\text{N}_2} &= \frac{\text{mol N}_2}{\text{mol O}_2 + \text{mol N}_2} \\ &= \frac{0,5 \text{ mol}}{0,2 \text{ mol} + 0,5 \text{ mol}} \end{aligned}$$

$$= \frac{0,5 \text{ mol}}{0,7 \text{ mol}} = 0,71$$

Fraksi mol  $\text{N}_2$  bisa juga dihitung dengan cara:

$$\begin{aligned} x_{\text{N}_2} &= 1 - x_{\text{O}_2} \\ &= 1 - 0,29 = 0,71 \end{aligned}$$

$$\% \text{ mol O}_2 = 0,29 \times 100\% = 29\%$$

$$\% \text{ mol N}_2 = 0,71 \times 100\% = 71\%$$

Jadi, fraksi mol  $\text{O}_2$  adalah 0,29 dan fraksi mol  $\text{N}_2$  adalah 0,71, sedangkan persen mol  $\text{O}_2$  adalah 29% dan persen mol  $\text{N}_2$  adalah 71%.

## Soal Penguasaan Materi 1.1

Kerjakanlah di dalam buku latihan Anda.

- Berapakah molalitas larutan yang mengandung 4 g NaOH ( $A_r \text{ Na} = 23 \text{ g/mol}$ ,  $A_r \text{ O} = 16 \text{ g/mol}$ , dan  $A_r \text{ H} = 1 \text{ g/mol}$ ) terlarut dalam 250 g air?
- Berapakah molalitas dari larutan HCl 37% (w/w)? ( $A_r \text{ H} = 1 \text{ g/mol}$ ,  $A_r \text{ Cl} = 35,5 \text{ g/mol}$ )

B Sifat Koligatif Larutan Nonelektrolit

Meskipun sifat koligatif melibatkan larutan, sifat koligatif tidak bergantung pada interaksi antara molekul pelarut dan zat terlarut, tetapi bergantung pada jumlah zat terlarut yang larut pada suatu larutan. Sifat koligatif terdiri atas penurunan tekanan uap, kenaikan titik didih, penurunan titik beku, dan tekanan osmotik. Apakah perbedaan di antara keempat sifat koligatif tersebut? Perhatikanlah uraian berikut.

1. Penurunan Tekanan Uap

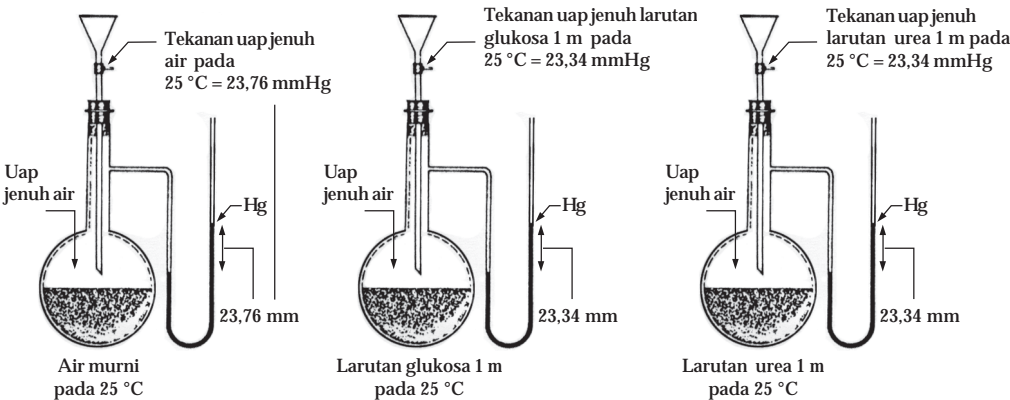
Untuk mengetahui pengaruh zat terlarut yang sukar menguap terhadap tekanan uap pelarut, lakukanlah kegiatan berikut.

Selidikilah 1.1

- Tujuan  
Mengamati pengaruh zat terlarut terhadap tekanan uap jenuh larutan
- Alat dan Bahan  
Data percobaan
- Langkah Kerja  
1. Perhatikan gambar hasil eksperimen berikut.

Kata Kunci

- Larutan nonelektrolit
- Penurunan tekanan uap



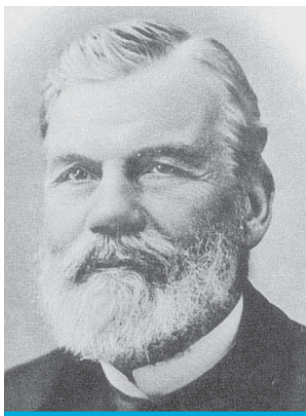
2. Pada buku latihan Anda, isilah tabel berikut.

Zat	Tekanan Uap Jenuh pada 25 °C (mmHg)
Air	...
Larutan glukosa 1 m	...
Larutan urea 1 m	...

- Jawablah pertanyaan berikut untuk menarik kesimpulan.
- Hitunglah selisih penurunan tekanan uap jenuh larutan glukosa dengan tekanan uap jenuh air.
  - Hitunglah selisih penurunan tekanan uap jenuh urea dengan tekanan uap jenuh air.
  - Mengapa selisihnya sama antara dua larutan dengan konsentrasi sama?
  - Apabila larutan sukrosa 1 m diamati, akankah nilainya sama?
- Diskusikan hasil yang Anda peroleh dengan teman Anda.

## Legenda

### Kimia



#### Marie Francois Raoult (1830–1901)

adalah seorang ilmuwan Prancis. Pada awalnya, Raoult adalah seorang ilmuwan fisika yang meneliti fenomena pada sel volta. Kemudian, perhatiannya mulai teralihkan pada pertanyaan-pertanyaan yang mengarah pada kimia. Makalahnya yang pertama adalah mengenai tekanan pada titik beku suatu cairan dengan adanya zat terlarut yang dipublikasikan pada 1878. Dia melanjutkan penelitiannya pada berbagai pelarut seperti benzena dan asam asetat.

Raoult melakukan penelitian berulang-ulang sebelum menemukan keteraturan mengenai tekanan uap larutan. Keteraturan ini kemudian dikenal sebagai Hukum Raoult.

Sumber: <http://id.wikipedia.org>

Apakah yang dapat Anda simpulkan dari hasil kegiatan Selidikilah 1.1? Untuk memahami fenomena pada Selidikilah 1.1, pelajailah uraian berikut.

Penguapan adalah peristiwa yang terjadi ketika partikel-partikel zat cair meninggalkan kelompoknya. Semakin lemah gaya tarik-menarik antarmolekul zat cair, semakin mudah zat cair tersebut menguap. Semakin mudah zat cair menguap, semakin besar pula tekanan uap jenuhnya.

Dalam suatu larutan, partikel-partikel zat terlarut menghalangi gerak molekul pelarut untuk berubah dari bentuk cair menjadi bentuk uap sehingga tekanan uap jenuh larutan menjadi lebih rendah dari tekanan uap jenuh larutan murni.

Dari eksperimen yang dilakukan Marie Francois Raoult (1878), didapatkan hasil bahwa melarutkan suatu zat terlarut menyebabkan penurunan tekanan uap larutan. Banyaknya penurunan tekanan uap ( $\Delta P$ ) terbukti sama dengan hasil kali fraksi mol zat terlarut ( $x_B$ ) dan tekanan uap pelarut murni ( $P_A^o$ ), yaitu:

$$\Delta P = x_B P_A^o$$

Pada larutan yang terdiri atas dua komponen, pelarut A dan zat terlarut B,  $x_A + x_B = 1$  maka  $x_B = 1 - x_A$ . Apabila tekanan uap pelarut di atas larutan dilambangkan  $P_A$ ,  $\Delta P = P_A^o - P_A$ .

Persamaan akan menjadi:

$$\Delta P = x_B P_A^o$$

$$P_A^o - P_A = (1 - x_A) P_A^o$$

$$P_A^o - P_A = P_A^o - x_A P_A^o$$

$$P_A = x_A P_A^o$$

Persamaan tersebut dikenal sebagai Hukum Raoult.

Tekanan uap pelarut ( $P_A$ ) sama dengan hasil kali tekanan uap pelarut murni ( $P_A^o$ ) dengan fraksi mol pelarut dalam larutan ( $x_A$ ).

Apabila zat terlarut mudah menguap, dapat pula ditulis:

$$P_B = x_B P_B^o$$

Tekanan uap total dapat ditulis:

$$P_{\text{total}} = P_A + P_B \\ = x_A P_A^o + x_B P_B^o$$

## Contoh 1.6

Hitunglah tekanan uap larutan 2 mol sukrosa dalam 50 mol air pada 300 °C jika tekanan uap air murni pada 300 °C adalah 31,80 mmHg.

Jawab

$$\text{Fraksi mol sukrosa} = \frac{\text{mol sukrosa}}{\text{mol sukrosa} + \text{mol air}} = \frac{2 \text{ mol}}{2 \text{ mol} + 50 \text{ mol}} \\ = 0,038$$

$$x_B = 0,038$$

$$x_A = 1 - 0,038 \\ = 0,962$$

$$P_A = x_A P_A^\circ$$

$$= 0,962 \times 31,8 \text{ mmHg} = 30,59 \text{ mmHg}$$

Jadi, tekanan uap larutan adalah 30,59 mmHg.

### Contoh 1.7

Berapakah tekanan uap parsial dan tekanan uap total pada suhu 25 °C di atas larutan dengan jumlah fraksi mol benzena ( $C_6H_6$ ) sama dengan jumlah fraksi mol toluena ( $C_7H_8$ )? Tekanan uap benzena dan toluena pada suhu 25 °C berturut-turut adalah 95,1 mmHg dan 28,4 mmHg.

Jawab

Jika larutan terdiri atas dua komponen dengan jumlah fraksi mol yang sama, fraksi mol keduanya adalah 0,5.

Tekanan uap parsial:

$$P_{\text{benzena}} = x_{\text{benzena}} \times P_{\text{benzena}}^\circ$$

$$= 0,5 \times 95,1 \text{ mmHg} = 47,6 \text{ mmHg}$$

$$P_{\text{toluena}} = x_{\text{toluena}} \times P_{\text{toluena}}^\circ$$

$$= 0,5 \times 28,4 \text{ mmHg} = 14,2 \text{ mmHg}$$

Tekanan uap total:

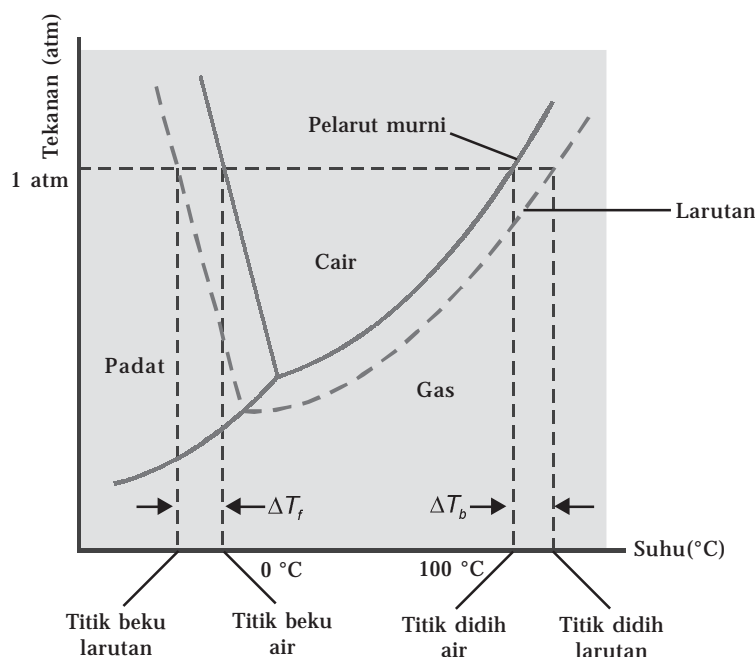
$$P_{\text{total}} = P_{\text{benzena}} + P_{\text{toluena}}$$

$$= 47,6 + 14,2 = 61,8 \text{ mmHg}$$

Jadi, tekanan uap parsial benzena dan toluena adalah 47,6 mmHg dan 14,2 mmHg, sedangkan tekanan uap total adalah 61,8 mmHg.

## 2. Kenaikan Titik Didih dan Penurunan Titik Beku

Adanya zat terlarut pada suatu larutan tidak hanya memengaruhi tekanan uap saja, tetapi juga memengaruhi titik didih dan titik beku. Pada larutan dengan pelarut air, kita dapat memahami hal tersebut dengan mempelajari diagram fase air pada Gambar 1.2 berikut.



## Kupas Tuntas

Sembilan gram zat nonelektrolit dan 360 g air dicampur, ternyata tekanan uap jenuhnya 40 mmHg. Jika tekanan uap jenuh air pada suhu yang sama adalah 40,1 mmHg,  $M_r$  zat tersebut adalah ....

- A. 90 g/mol
- B. 126 g/mol
- C. 180 g/mol
- D. 342 g/mol
- E. 360 g/mol

### Pembahasan

Diketahui:

Zat nonelektrolit = 9 gram

pelarut air (p) = 360 gram

$P^\circ = 40,1 \text{ mmHg}$

$P = 40 \text{ mmHg}$

Ditanyakan:  $M_r$ ?

Jawab:

$$P = x_p P^\circ$$

$$40 = x_p \times 40,1$$

$$x_p = 0,9975$$

$$n_p = \frac{360}{18} = 20 \text{ mol}$$

$$x_p = \frac{n_p}{n_t + n_p}$$

$$0,9975 = \frac{20}{20 + n_t}$$

$$19,95 + 0,9975 n_t = 20$$

$$0,9975 n_t = 20 - 19,95$$

$$n_t = 0,05 \text{ mol}$$

$$0,05 \text{ mol} = \frac{\text{massa}}{M_r} \rightarrow 0,05$$

$$= \frac{9 \text{ g}}{M_r}$$

$$M_r = \frac{9 \text{ g}}{0,05 \text{ mol}} = 180 \text{ g/mol}$$

Jadi, massa molar relatif zat tersebut adalah (C) 180 g/mol.

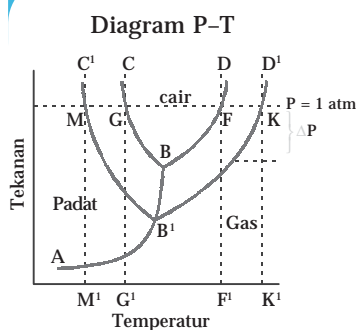
UN 2002

Gambar 1.2

Diagram fase air



## Kupas Tuntas



Berdasarkan Diagram P-T tersebut yang menggambarkan kenaikan titik didih larutan adalah ....

- G'M<sup>1</sup>
- F<sup>1</sup>K<sup>1</sup>
- DD<sup>1</sup>
- CC<sup>1</sup>
- B<sup>1</sup>D<sup>1</sup>

### Pembahasan

Berdasarkan Diagram P-T tersebut yang menggambarkan kenaikan titik didih larutan adalah (C) DD<sup>1</sup>.

Alasannya, semakin tinggi tekanan temperatur awal, misalnya pada suhu 100 °C ditunjukkan oleh grafik F pada larutan temperatur ditunjukkan oleh K<sup>1</sup> (fasa gas).

Jadi, kenaikan titik didih ditunjukkan oleh (C) DD<sup>1</sup>.

UN 2002

## Kata Kunci

Kenaikan titik didih

Adanya zat terlarut pada suatu larutan menyebabkan penurunan tekanan uap yang mengakibatkan terjadinya penurunan garis kesetimbangan antarfasa sehingga terjadi kenaikan titik didih dan penurunan titik beku.

### a. Kenaikan Titik Didih ( $\Delta T_b$ )

Titik didih zat cair adalah suhu tetap pada saat zat cair mendidih. Pada suhu ini, tekanan uap zat cair sama dengan tekanan udara di sekitarnya. Hal ini menyebabkan terjadinya penguapan di seluruh bagian zat cair. Titik didih zat cair diukur pada tekanan 1 atmosfer. Contohnya, titik didih air 100 °C, artinya pada tekanan udara 1 atm air mendidih pada suhu 100 °C.

Dari hasil eksperimen yang dilakukan pada penentuan titik didih larutan, ternyata titik didih larutan selalu lebih tinggi dari titik didih pelarut murninya. Hal ini disebabkan adanya partikel-partikel zat terlarut dalam suatu larutan menghalangi peristiwa penguapan partikel-partikel pelarut. Oleh karena itu, penguapan partikel-partikel pelarut membutuhkan energi yang lebih besar.

Perbedaan titik didih larutan dengan titik didih pelarut murni disebut kenaikan titik didih yang dinyatakan sebagai  $\Delta T_b$  (b berasal dari kata boil).

Titik didih suatu larutan lebih tinggi atau lebih rendah daripada titik didih pelarut, bergantung pada kemudahan zat terlarut itu menguap dibandingkan dengan pelarutnya. Jika zat terlarut tersebut tidak mudah menguap, misalnya larutan gula, larutan tersebut mendidih pada suhu yang lebih tinggi daripada titik didih pelarut air. Sebaliknya, jika zat terlarut itu mudah menguap misalnya etanol, larutan akan mendidih pada suhu di bawah titik didih air.

Hukum sifat koligatif dapat diterapkan dalam meramalkan titik didih larutan yang zat terlarutnya bukan elektrolit dan tidak mudah menguap. Telah ditentukan secara eksperimen bahwa 1,00 mol ( $6,02 \times 10^{23}$  molekul) zat apa saja yang bukan elektrolit dan tidak mudah menguap yang dilarutkan dalam (1.000 g) air akan menaikkan titik didih kira-kira 0,51 °C. Perubahan pelarut murni ke larutan, yakni  $\Delta T_b$ , berbanding lurus dengan molalitas (m) dari larutan tersebut:

$$\Delta T_b \propto m \quad \text{atau} \quad \Delta T_b = K_b m$$

Tabel 1.1 Tetapan Kenaikan Titik Didih ( $K_b$ ) Beberapa Pelarut

Pelarut	Titik Didih (°C)	$K_b$ (°C/m)
Aseton	56,2	1,71
Benzena	80,1	02,53
kamfer	204,0	05,61
Karbon tetraklorida	76,5	04,95
Sikloheksana	80,7	02,79
Naftalena	217,7	05,80
Fenol	182	03,04
Air	100,0	00,52

Sumber: Chemistry Matter, and Its Changes, 2004

$K_b$  adalah tetapan kenaikan titik molal dari pelarut (°C/m). Kenaikan titik didih ( $\Delta T_b$ ) adalah titik didih larutan ( $T_b$ ) dikurangi titik didih pelarut murni ( $T_b^\circ$ ).

$$\Delta T_b = T_b - T_b^\circ$$

### Contoh 1.8

Hitunglah titik didih larutan yang mengandung 18 g glukosa,  $C_6H_{12}O_6$ . ( $A_r C = 12$  g/mol,  $A_r H = 1$  g/mol, dan  $A_r O = 16$  g/mol) dalam 250 g air. ( $K_b$  air =  $0,52$  °C/m)

Jawab

$$\begin{aligned}\text{Molalitas} &= \frac{\text{massa}}{M_r} \times \frac{1.000}{p} \\ &= \frac{18 \text{ g}}{180 \text{ g/mol}} \times \frac{1.000 \text{ g/kg}}{250 \text{ g}} \\ &= 0,4 \text{ m}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\Delta T_b &= K_b m \\ &= 0,52 \text{ °C/m} \times 0,4 \text{ m} \\ &= 0,208 \text{ °C}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{Titik didih larutan} &= 100 + \Delta T_b \\ &= 100 \text{ °C} + 0,208 \text{ °C} \\ &= 100,208 \text{ °C}\end{aligned}$$

Jadi, titik didih larutan adalah 100,208 °C.

### Contoh 1.9

Titik didih larutan yang mengandung 1,5 g gliserin dalam 30 g air adalah 100,28 °C. Tentukan massa molekul relatif gliserin. ( $K_b$  air =  $0,52$  °C/m)

Jawab

$$\begin{aligned}\text{Titik didih larutan} &= 100 + \Delta T_b \\ 100,28 &= 100 + \Delta T_b \\ \Delta T_b &= 0,28 \text{ °C}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\Delta T_b &= K_b m \\ &= K_b \frac{\text{massa}}{M_r} \times \frac{1.000}{p}\end{aligned}$$

$$0,28 \text{ °C} = 0,52 \text{ °C/m} \times \frac{1,5 \text{ g}}{M_r} \times \frac{1.000 \text{ g/kg}}{30 \text{ g}}$$

$$M_r = 92,8 \text{ g/mol}$$

Jadi, massa molekul relatif gliserin adalah 92,8 g/mol.

### b. Penurunan Titik Beku ( $\Delta T_f$ )

Seperti halnya pada kenaikan titik didih, adanya zat terlarut dalam larutan akan mengakibatkan titik beku larutan lebih kecil daripada titik beku pelarutnya. Penurunan titik beku,  $\Delta T_f$  (f berasal dari kata freeze) berbanding lurus dengan molalitas (m) larutan:

$$\Delta T_f \propto m \quad \text{atau} \quad \Delta T_f = K_f m$$

dengan  $K_f$  adalah tetapan penurunan titik beku molal pelarut (°C/m). Penurunan titik beku ( $T_p$ ) adalah titik beku pelarut murni ( $T_f^\circ$ ) dikurangi titik beku larutan ( $T_p$ ).

### Kupas Tuntas

Sebanyak 75 g zat dengan rumus empiris ( $CH_2O$ ) ( $A_r H = 1$  g/mol,  $C = 12$  g/mol,  $O = 16$  g/mol) yang terlarut dalam 500 gram air, mendidih pada suhu 100,52 °C ( $K_b$  air =  $0,52$  °C/m). Zat tersebut termasuk ....

- A. triosa
- B. tetrosa
- C. pentosa
- D. heksosa
- E. heptosa

#### Pembahasan

$$\begin{aligned}\Delta T_b &= K_b \cdot \frac{1.000}{p} \cdot \frac{\text{massa}}{M_r} \\ 0,52 &= 0,52 \cdot \frac{1.000}{500} \cdot \frac{75}{M_r}\end{aligned}$$

$$\Rightarrow M_r = 150$$

$$M_r (CH_2O) = 30$$

$$(CH_2O)_n = 150$$

$$30 n = 150$$

$$n = 5$$

$$(CH_2O)_5 = C_5H_{10}O_5.$$

Senyawa karbonat dengan 5 atom c disebut dengan pentosa. Jadi, zat tersebut termasuk (C) pentosa.

SPMB 2004

### Tantangan Kimia

Diskusikan dengan kelompok Anda:

- a. Apa yang dimaksud dengan membeku?
- b. Bagaimana mekanisme penurunan titik beku pada suatu larutan?
- c. Apakah setiap zat dengan konsentrasi yang sama (molalitas) akan menyebabkan penurunan titik beku yang sama ketika dilarutkan?

$$\Delta T_f = T_f^\circ - T_f$$

Berikut ini adalah beberapa harga tetapan penurunan titik beku ( $K_f$ ) dari beberapa pelarut.

Pelarut	Titik Beku ( $^\circ\text{C}$ )	$K_f$ ( $^\circ\text{C}/m$ )
Aseton	-95,35	2,40
Benzena	5,45	5,12
Kamfer	179,8	39,7
Karbon tetraklorida	-23	29,8
Sikloheksana	6,5	20,1
Naftalena	80,5	6,94
Fenol	43	7,27
Air	0	1,86

Sumber: Chemistry Matter, and Its Changes, 2004

### Contoh 1.10

Berapakah titik beku larutan yang terbuat dari 10 g urea  $\text{CO}(\text{NH}_2)_2$  dalam 100 g air? (massa molar urea 60 g/mol,  $K_f$  air = 1,86  $^\circ\text{C}/m$ )

Jawab

$$\text{Mol urea} = \frac{\text{massa urea}}{M_r \text{ urea}} = \frac{10 \text{ g}}{60 \text{ g/mol}} = 0,17 \text{ mol}$$

$$\begin{aligned} \text{Molalitas urea} &= \frac{\text{mol urea}}{\text{massa air}} \\ &= \frac{0,17 \text{ mol}}{0,1 \text{ kg}} \\ &= 1,7 \text{ m} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \Delta T_f &= K_f m \\ &= 1,86 \text{ }^\circ\text{C}/m \times 1,7 \text{ m} \\ &= 3,16 \text{ }^\circ\text{C} \end{aligned}$$

Jadi, larutan tersebut memiliki titik beku 3,16  $^\circ\text{C}$  di bawah 0  $^\circ\text{C}$  atau pada -3,16  $^\circ\text{C}$ .

### Contoh 1.11

Hitunglah titik beku larutan yang terdiri atas 10 gram glukosa ( $M_r = 180 \text{ g/mol}$ ) dalam 500 g air ( $K_f$  air = 1,86  $^\circ\text{C}/m$ ).

Jawab

$$\begin{aligned} \text{Molalitas} &= \frac{\text{massa}}{M_r} \times \frac{1.000}{p} \\ &= \frac{10 \text{ g}}{180 \text{ g/mol}} \times \frac{1.000 \text{ g/kg}}{500 \text{ g}} \\ &= 0,11 \text{ m} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \Delta T_f &= K_f m \\ &= 1,86 \text{ }^\circ\text{C}/m \times 0,11 \text{ m} \\ &= 0,20 \text{ }^\circ\text{C} \end{aligned}$$

Titik beku larutan

$$\Delta T_f = T_f \text{ air} - T_f \text{ larutan}$$

## Kata Kunci

Penurunan titik beku

## Tantangan Kimia

Di Eropa, pada musim dingin untuk mencairkan salju yang mengganggu di jalan raya biasanya digunakan garam. Menurut Anda, bagaimana hal itu dapat terjadi? Diskusikanlah hal tersebut bersama teman Anda.

$0,20\text{ }^{\circ}\text{C} = 0 - T_f \text{ larutan}$   
 $T_f \text{ larutan} = -0,20\text{ }^{\circ}\text{C}$   
 Jadi, titik beku larutan adalah  $-0,20\text{ }^{\circ}\text{C}$ .

### Contoh 1.12

Hitunglah titik beku suatu larutan yang mengandung 2 g kloroform,  $\text{CHCl}_3$  ( $M_r = 119\text{ g/mol}$ ) yang dilarutkan dalam 50 g benzena ( $K_f \text{ benzena} = 5,12\text{ }^{\circ}\text{C/m}$ ,  $T_f \text{ benzena} = 5,45\text{ }^{\circ}\text{C}$ ).

Jawab

$$\text{Molalitas} = \frac{2\text{ g}}{119\text{ g/mol}} \times \frac{1.000}{50\text{ g}} = 0,34\text{ m}$$

$$\begin{aligned}\Delta T_f &= K_f m \\ &= 5,12\text{ }^{\circ}\text{C/m} \times 0,34\text{ m} \\ &= 1,74\text{ }^{\circ}\text{C}\end{aligned}$$

Titik beku larutan

$$\begin{aligned}\Delta T_f &= T_f \text{ benzena} - T_f \text{ larutan} \\ 1,74 &= 5,45 - T_f \text{ larutan} \\ T_f \text{ larutan} &= 3,71\text{ }^{\circ}\text{C}\end{aligned}$$

Jadi, titik beku larutan tersebut adalah  $3,71\text{ }^{\circ}\text{C}$ .

### Contoh 1.13

Larutan yang dibuat dengan melarutkan 5,65 g suatu senyawa yang tidak diketahui dalam 110 g benzena membeku pada  $4,39\text{ }^{\circ}\text{C}$ . Berapakah massa molar senyawa tersebut?

Jawab

Pada Tabel 1.2 diketahui titik beku benzena =  $5,45\text{ }^{\circ}\text{C}$  dan  $K_f \text{ benzena} = 5,12\text{ }^{\circ}\text{C/m}$

$$\Delta T_f = 5,45\text{ }^{\circ}\text{C} - 4,39\text{ }^{\circ}\text{C} = 1,06\text{ }^{\circ}\text{C}$$

$$\Delta T_f = K_f m$$

$$m = \frac{\Delta T_f}{K_f} = \frac{1,06\text{ }^{\circ}\text{C}}{5,12\text{ }^{\circ}\text{C/m}} = 0,207\text{ m}$$

0,207 m artinya setiap kg benzena pada larutan mengandung 0,207 mol zat terlarut maka jumlah mol pada 110 g benzena dapat dihitung.

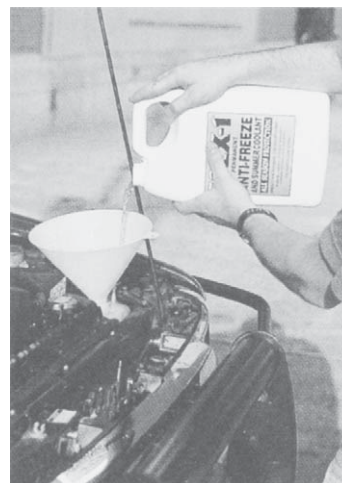
$$0,11\text{ kg benzena} \times \frac{0,207\text{ mol zat terlarut}}{1\text{ kg benzena}} = 0,023\text{ mol}$$

$$\text{massa molar zat terlarut} = \frac{5,65\text{ g}}{0,023\text{ mol}} = 245,65\text{ g/mol}$$

Jadi, massa 1 mol zat terlarut tersebut adalah 245,65 g.

Gejala penurunan titik beku juga memiliki terapan praktis di antaranya adalah penurunan titik beku air. Zat antibeku (biasanya etilen glikol) yang ditambahkan ke dalam sistem pendingin mesin mobil mencegah pembekuan air radiator pada musim dingin. Penggunaan  $\text{CaCl}_2$  dan  $\text{NaCl}$  untuk menurunkan titik leleh es juga sering diterapkan, misalnya untuk menyiapkan campuran pendingin dalam pembuatan es krim.

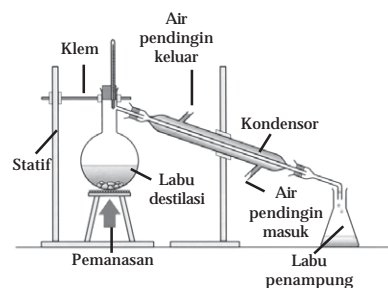
Contoh penerapan Hukum Raoult digunakan pada alat distilasi untuk memisahkan campuran berdasarkan perbedaan titik didihnya.



Sumber: Chemistry (Chang), 2002

Gambar 1.3

Etilen glikol digunakan sebagai zat antibeku pada pendingin mesin mobil.



Sumber: Basic Concept of Chemistry, 2002

Gambar 1.4

Alat distilasi dirancang dengan menggunakan prinsip hukum Raoult



### 3. Tekanan Osmotik

Osmosis adalah merembesnya partikel-partikel pelarut dari larutan yang lebih encer ke larutan yang lebih pekat melalui suatu membran semi-permeabel. Membran semipermeabel hanya melewatkan molekul zat tertentu sementara zat yang lainnya tertahan.

Bagaimanakah peristiwa osmosis dapat terjadi? Untuk menyelidikinya, lakukanlah kegiatan berikut.

#### Selidikilah 1.2

##### Tekanan Osmotik

###### Tujuan

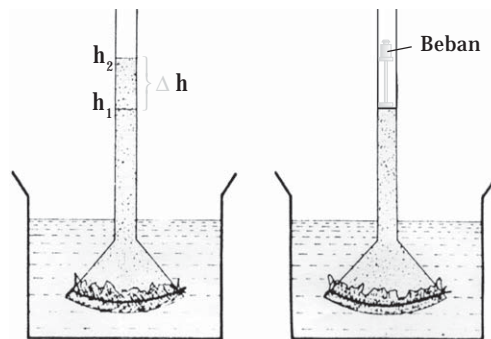
Mengamati peristiwa osmosis pada larutan elektrolit dan nonelektrolit

###### Alat dan Bahan

- |                            |                  |
|----------------------------|------------------|
| 1. Corong                  | 4. Larutan gula  |
| 2. Kertas perkamen/selopan | 5. Larutan garam |
| 3. Gelas kimia 1 L         | 6. Air           |

###### Langkah Kerja

1. Susunlah 2 buah alat seperti gambar berikut.



#### Kata Kunci

- Membran semipermeabel
- Osmosis
- Tekanan osmotik

2. Corong yang bagian bawahnya ditutup dengan kertas perkamen/selaput semipermeabel berisi larutan gula dimasukkan ke dalam bak (gelas kimia 1 L) yang berisi air.
3. Amatilah naiknya larutan dalam corong dari ketinggian  $h_1$  sampai  $h_2$ .
4. Ulangi langkah kerja 1-3.

Jawablah pertanyaan berikut untuk menarik kesimpulan.

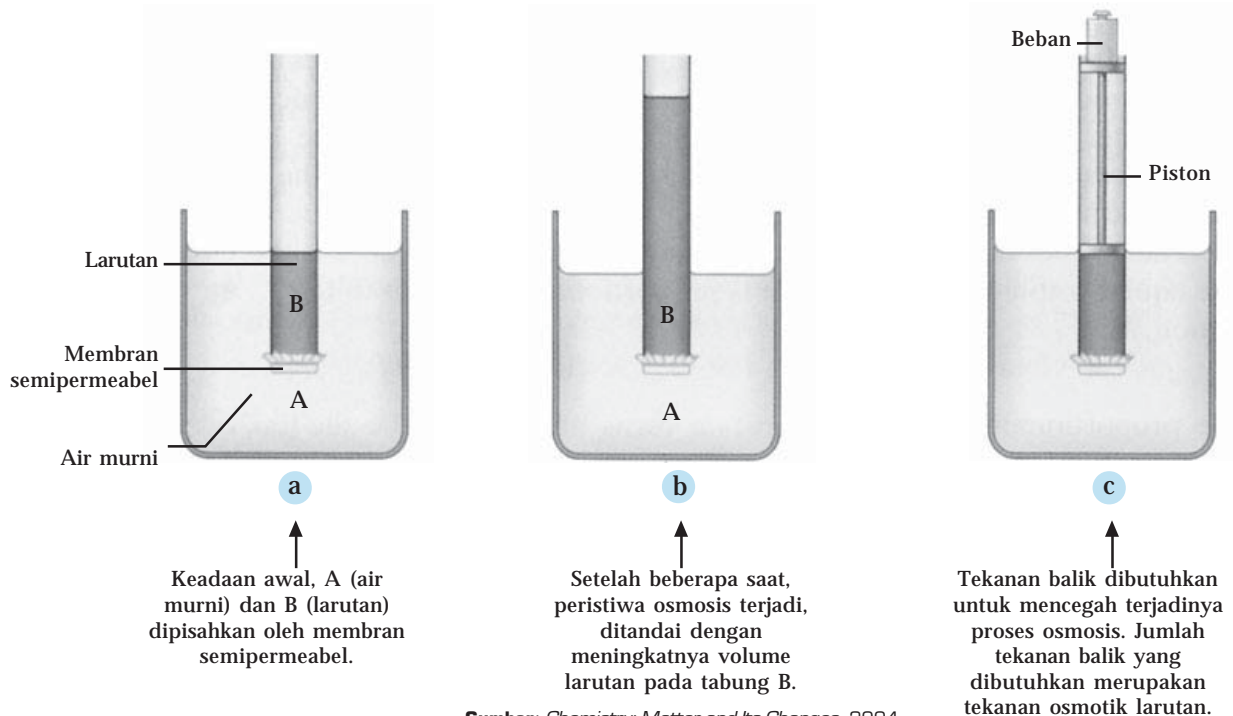
1. Mengapa air di dalam bak masuk ke dalam corong melalui selaput semipermeabel?
2. Mungkinkah larutan gula atau garam yang masuk ke dalam air? Mengapa?
3. Apabila corong diganti ukurannya, apakah naiknya zat cair dalam corong sama?
4. Samakah beban pada kedua corong yang berbeda?
5. Samakah  $\Delta H$  untuk larutan gula dan garam?

Kerjakanlah secara berkelompok dan diskusikanlah hasil yang Anda peroleh.

Kesimpulan apakah yang dapat Anda peroleh dari kegiatan Selidikilah 1.2? Untuk lebih memahami proses osmosis, pelajari uraian berikut.

Perhatikanlah Gambar 1.5, gambar tersebut memperlihatkan larutan A dan larutan B dengan konsentrasi yang berbeda yang dipisahkan oleh suatu membran semipermeabel yang hanya dapat ditembus oleh molekul air.





Gambar 1.5 menggambarkan peristiwa osmosis. Pada Gambar 1.5a, diperlihatkan keadaan awal, kemudian setelah beberapa saat, tinggi air pada tabung naik (Gambar 1.5b) hingga kesetimbangan tercapai. Tekanan balik dibutuhkan untuk mencegah terjadinya proses osmosis (Gambar 1.5c). Jumlah tekanan balik yang dibutuhkan merupakan tekanan osmotik larutan.

Dua larutan yang memiliki tekanan osmotik sama disebut larutan isotonik. Jika salah satu larutan memiliki tekanan osmotik lebih tinggi dari larutan yang lainnya, larutan tersebut dinamakan hipertonik. Adapun jika larutan memiliki tekanan osmotik lebih rendah dari larutan yang lainnya, larutan tersebut dinamakan hipotonik.

Tekanan osmotik termasuk dalam sifat-sifat koligatif karena besarnya hanya bergantung pada jumlah partikel zat terlarut persatuan volume larutan. Tekanan osmotik tidak tergantung pada jenis zat terlarut. Persamaan berikut (dikenal sebagai Persamaan Van't Hoff) digunakan untuk menghitung tekanan osmotik dari larutan encer.

$$\pi = MRT$$

Keterangan:

$\pi$  = tekanan osmotik (atm)  
 $R$  = tetapan gas (0,082 L atm/mol K)  
 $M$  = molaritas larutan  
 $T$  = suhu (Kelvin)

### Contoh 1.14

Berapakah tekanan osmotik pada 25 °C dari larutan sukrosa ( $C_{12}H_{22}O_{11}$ ) 0,001 M?

Jawab

Diketahui  $T = 25\text{ °C} = (25 + 273)\text{ K} = 298\text{ K}$   
 $M = 0,001\text{ mol/L}$   
 $R = 0,082\text{ L atm/mol K}$

Gambar 1.5

Proses osmosis dengan membran semipermeabel

### Tantangan Kimia

Larutan glukosa ( $C_6H_{12}O_6$ ) digunakan sebagai cairan infus. Larutan ini harus memiliki tekanan osmotik yang sama dengan tekanan osmotik sel darah. Diskusikanlah dengan kelompok Anda mengapa tekanan osmotik cairan infus harus sama dengan tekanan osmotik sel darah. Jika tekanan sel darah pada 25 °C adalah 7,7 atm, berapa konsentrasi glukosa dalam cairan infus?





$$\begin{aligned}\pi &= MRT \\ &= 0,001 \text{ mol/L} \times 0,082 \text{ L atm/mol K} \times 298 \text{ K} = 0,024 \text{ atm}\end{aligned}$$

Jadi, tekanan osmotik larutan tersebut adalah 0,024 atm.

### Contoh 1.15

Dalam larutan encer, 0,001 M gula dalam air dipisahkan dari air murni dengan menggunakan membran osmosis. Berapakah tekanan osmotik dalam torr pada suhu 25 °C?

Jawab

$$\begin{aligned}\pi &= MRT \\ &= (0,001 \text{ mol/L}) (0,0821 \text{ L atm/mol K}) (298 \text{ K}) = 0,0245 \text{ atm}\end{aligned}$$

$$\pi \text{ dalam torr} = 0,0245 \text{ atm} \times \frac{760 \text{ torr}}{1 \text{ atm}} = 18,6 \text{ torr}$$

Jadi, tekanan osmotik 0,001 M gula dalam air adalah 18,6 torr.

## Fakta Kimia

### Desalinasi Air Laut

Banyak tempat di berbagai pelosok di dunia yang berdampingan dengan lautan, tetapi penduduknya terancam kekurangan air tawar. Untuk itu, negara Arab Saudi menggunakan suatu metode pemisahan air tawar dari garam-garam pekat air laut. Membuang garam-garam yang terlarut dalam air disebut desalinasi.

Banyak penelitian dan pengembangan dipusatkan pada lima metode desalinasi, yaitu penyulingan, pembekuan, osmosis terbalik, elektro-dialisis, dan pertukaran ion.

Desalinasi osmosis terbalik merupakan metode yang ekonomis. Dalam metode ini, garam terpisah dari airnya oleh tekanan pada membran semipermeabel yang memisahkan sumber air (air laut) dari produknya (air tawar).

### Contoh 1.16

Suatu larutan dengan volume 100 mL mengandung 0,122 g zat nonelektrolit terlarut dan memiliki tekanan osmotik 16 torr pada suhu 20 °C. Berapakah massa molar zat terlarut tersebut?

Jawab

$$\begin{aligned}T \text{ dalam kelvin} &= (273 + 20) \\ &= 293 \text{ K}\end{aligned}$$

$$\pi \text{ dalam atm} = 16 \text{ torr} \times \frac{1 \text{ atm}}{760 \text{ torr}} = 0,0211 \text{ atm}$$

$$\begin{aligned}\pi &= MRT \\ 0,0211 \text{ atm} &= (M) (0,082 \text{ L atm/mol K}) (298 \text{ K})\end{aligned}$$

$$M = 8,63 \times 10^{-4} \frac{\text{mol zat terlarut}}{\text{L larutan}}$$

$$M = \frac{n}{V}$$

$$n = M \times V$$

$$= 8,63 \times 10^{-4} \frac{\text{mol zat terlarut}}{\text{L larutan}} \times 0,1 \text{ L larutan} = 8,63 \times 10^{-5} \text{ mol}$$

$$\text{massa molar zat terlarut} = \frac{0,122 \text{ g}}{8,63 \times 10^{-5} \text{ mol}} = 1,41 \times 10^3 \text{ g/mol}$$

Jadi, massa molar zat terlarut tersebut adalah  $1,41 \times 10^3 \text{ g/mol}$ .

### Contoh 1.17

Suatu larutan dibuat dengan melarutkan 1,08 g protein, yaitu serum albumin manusia yang diperoleh dari plasma darah (dalam 50 cm<sup>3</sup> air). Larutan menunjukkan tekanan osmotik 5,85 mmHg pada 298 K. Tentukan massa molekul relatif albumin.

Jawab

Tekanan osmotik ( $\pi$ ) dikonversikan terlebih dahulu menjadi atm.

$$5,85 \text{ mmHg} = \frac{5,85}{760} = 7,70 \times 10^{-3} \text{ atm}$$

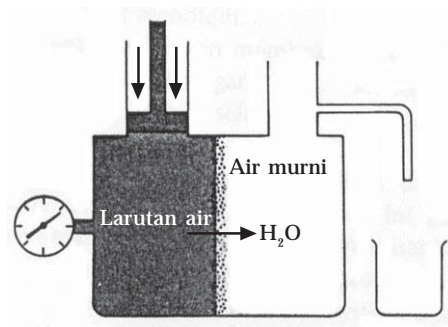
$$\pi = \frac{\left(\frac{\text{massa}}{M_r}\right)RT}{V}$$

$$\begin{aligned} M_r &= \frac{\text{massa}RT}{\pi V} \\ &= \frac{1,08 \text{ g} \times 0,082 \text{ atm/molK} \times 298 \text{ K}}{7,70 \times 10^{-3} \text{ atm} \times 0,05 \text{ L}} = 6,86 \times 10^4 \text{ g/mol} \end{aligned}$$

Jadi, massa molekul relatif albumin adalah  $6,86 \times 10^4 \text{ g/mol}$ .

Jika tekanan mekanis pada suatu larutan melebihi tekanan osmotik, pelarut murni akan terperas ke luar dari suatu larutan lewat suatu membran semipermeabel (Gambar 1.6). Proses ini disebut osmosis terbalik (reverse osmosis) dan merupakan suatu cara untuk memulihkan pelarut murni dari dalam suatu larutan. Contoh penerapan osmosis balik adalah pemulihan air murni dari limbah industri dan menawarkan air laut (desalinasi).

Proses osmosis sangat penting bagi tanaman dan hewan karena dengan proses osmosis, air dibagikan ke semua sel organisme hidup. Dinding sel merupakan membran semipermeabel, membran sel hidup ini juga dapat ditembus oleh zat-zat terlarut tertentu sehingga bahan makanan dan produk buangan dipertukarkan lewat dinding sel ini. Permeabilitas dinding sel terhadap zat terlarut seringkali bersifat memilih-milih dan sampai batas tertentu tidak bergantung pada ukuran partikel zat terlarut dan konsentrasi mereka. Misalnya, ion magnesium yang terhidrasi praktis tidak menembus dinding saluran pencernaan, sedangkan molekul glukosa dapat melewati dinding sel.



**Gambar 1.6**

Osmosis terbalik, menunjukkan bahwa jika tekanan mekanis lebih besar daripada tekanan osmotik, pelarut dipaksa melewati membran semipermeabel dari dalam larutan menuju ke pelarut murni.

## Soal Penguasaan Materi 1.2

Kerjakanlah di dalam buku latihan Anda.

1. Bagaimanakah cara untuk mengetahui pengaruh zat terlarut yang sukar menguap terhadap tekanan uap jenuh larutan? Jelaskan.
2. Hitunglah tekanan uap suatu larutan 4 mol fruktosa dalam 60 mol air pada suhu  $310^\circ\text{C}$ . Jika tekanan uap air murni pada  $310^\circ\text{C}$  sebesar  $33,4 \text{ mmHg}$ .
3. Jika  $0,4 \text{ molal}$  gula pasir dilarutkan dalam air ( $K_b \text{ air} = 0,52^\circ\text{C/m}$ ), tentukan titik didih larutan gula tersebut.
4. Jika  $6,84 \text{ g}$  sukrosa ( $M_r = 342$ ) dilarutkan dalam air dan membentuk larutan bervolume  $100 \text{ mL}$  pada suhu  $27^\circ\text{C}$  ( $R = 0,082 \text{ L atm/mol K}$ ), tentukan tekanan osmotik larutan tersebut.

## C Sifat Koligatif Larutan Elektrolit

Jika zat terlarut membentuk larutan bersifat asam, basa, dan garam, ternyata rumus-rumus sifat koligatif larutan memiliki nilai yang tidak sama dengan data percobaan. Harga-harga  $\Delta P$ ,  $\Delta T_b$ ,  $\Delta T_f$ , dan  $\pi$  dari larutan-larutan asam, basa, dan garam yang diamati melalui eksperimen selalu lebih besar daripada harga-harga yang dihitung menurut perhitungan ideal. Bagaimanakah menentukan perbandingan nilai sifat koligatif larutan elektrolit dan nonelektrolit? Untuk mengetahuinya, lakukanlah kegiatan berikut.

## Selidikilah 1.3

### Sifat Koligatif Larutan Elektrolit

#### Tujuan

Menentukan perbandingan nilai sifat koligatif larutan elektrolit dan nonelektrolit

#### Alat dan Bahan

Data hasil percobaan

#### Langkah Kerja

Amatilah data hasil percobaan berikut. Larutan yang diamati memiliki konsentrasi yang sama yaitu 0,005 m.

Larutan	$\Delta T_f$ (°C)
Glukosa	0,0093
NaCl	0,0183
KCl	0,0180
K <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	0,0275
H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	0,0270

Jawablah pertanyaan berikut untuk menarik kesimpulan.

1. Hitunglah perbandingan nilai  $\Delta T_f$  NaCl terhadap  $\Delta T_f$  glukosa,  $\Delta T_f$  KCl terhadap  $\Delta T_f$  glukosa, dan seterusnya sampai dengan H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>.
2. Manakah nilai perbandingan di antara keempat larutan terhadap glukosa yang bernilai hampir sama?
3. Bandingkanlah nilai perbandingan itu dengan jumlah ion masing-masing zat yang membentuk larutan elektrolit (NaCl memiliki ion Na<sup>+</sup> dan Cl<sup>-</sup>).
4. Apakah nilai perbandingan tersebut sama dengan jumlah ionnya? Mengapa demikian?

Diskusikan hasil yang Anda peroleh dengan teman Anda.

## Kata Kunci

- Faktor Van't Hoff
- Larutan elektrolit

Apakah kesimpulan yang Anda peroleh? Untuk lebih memahami sifat koligatif larutan elektrolit, pelajari penjelasan berikut.

Menurut Arrhenius, suatu zat elektrolit yang dilarutkan dalam air akan terurai menjadi ion-ion penyusunnya sehingga jumlah partikel zat pada larutan elektrolit akan lebih banyak dibandingkan dengan larutan nonelektrolit yang konsentrasinya sama. Hal ini menyebabkan sifat koligatif pada larutan elektrolit lebih besar daripada larutan nonelektrolit.

Perilaku elektrolit dapat digambarkan dengan memerhatikan fenomena di atas. Penurunan titik beku  $\Delta T_f$  larutan 0,005 m NaCl 1,96 kali (2 kali)  $\Delta T_f$  glukosa sebagai zat nonelektrolit, demikian juga  $\Delta T_f$  untuk K<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> hampir 3 kali dari  $\Delta T_f$  glukosa. Keadaan ini dapat dinyatakan dengan persamaan berikut.

$$\Delta T_f \text{ elektrolit} = i \times \Delta T_f \text{ nonelektrolit}$$

Hubungan sifat koligatif larutan elektrolit dan konsentrasi larutan dirumuskan oleh Van't Hoff, yaitu dengan mengalikan rumus yang ada dengan bilangan faktor Van't Hoff yang merupakan faktor penambahan jumlah partikel dalam larutan elektrolit.

$$i = 1 + (n - 1) \alpha$$

#### Keterangan:

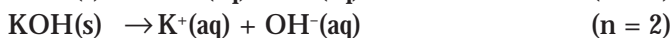
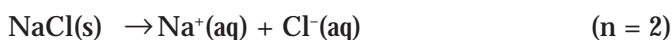
$i$  = faktor yang menunjukkan bagaimana larutan elektrolit dibandingkan dengan larutan nonelektrolit dengan molalitas yang sama.

Faktor  $i$  inilah yang lebih lanjut disebut faktor Van't Hoff.

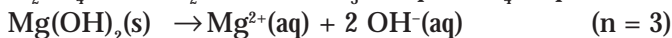
$n$  = jumlah ion dari elektrolit

$\alpha$  = derajat ionisasi elektrolit

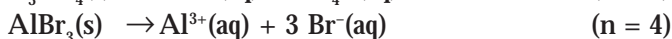
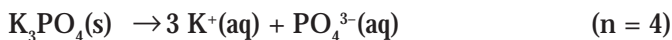
Contoh elektrolit biner:



Contoh elektrolit terner:



Contoh elektrolit kuarterner:



Untuk larutan elektrolit berlaku Hukum Van't Hoff

## Anda Harus

### Ingat

Sifat koligatif larutan elektrolit bergantung pada faktor Van't Hoff.

$$(i = 1 + (n - 1)\alpha)$$

### You Must Remember

Colligative properties of electrolyte solution depends on Van't Hoff factor.

$$(i = 1 + (n - 1)\alpha)$$

## 1. Penurunan Tekanan Uap Jenuh

Rumus penurunan tekanan uap jenuh dengan memakai faktor Van't Hoff hanya berlaku untuk fraksi mol zat terlarutnya saja (zat elektrolit yang mengalami ionisasi), sedangkan pelarut air tidak terionisasi. Oleh karena itu, rumus penurunan tekanan uap jenuh untuk zat elektrolit adalah:

$$\Delta P = x_B P^\circ \{1 + (n - 1)\alpha\}$$

Perhatikanlah contoh soal penerapan rumus tekanan uap untuk zat elektrolit berikut.

### Contoh 1.18

Hitunglah tekanan uap larutan NaOH 0,2 mol dalam 90 gram air jika tekanan uap air pada suhu tertentu adalah 100 mmHg.

Jawab

$$\begin{aligned} X_{\text{NaOH}} &= \frac{\text{mol NaOH}}{\text{mol NaOH} + \text{mol air}} \\ &= \frac{0,2 \text{ mol}}{0,2 \text{ mol} + \frac{90 \text{ g}}{18 \text{ g/mol}}} = 0,038 \end{aligned}$$

Karena NaOH merupakan elektrolit kuat ( $\alpha = 1$ ) dan  $n = 2$  maka

$$\begin{aligned} \Delta P &= P^\circ x_B \{1 + (n - 1)\alpha\} \\ &= 100 \times 0,038 \{1 + (2 - 1)1\} \\ &= 7,6 \text{ mmHg} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Tekanan uap larutan} &= 100 \text{ mmHg} - 7,6 \text{ mmHg} \\ &= 92,4 \text{ mmHg} \end{aligned}$$

Jadi, tekanan uap larutan NaOH adalah 92,4 mmHg.

## Kata Kunci

- Faktor Van't Hoff
- Ionisasi

## 2. Kenaikan Titik Didih dan Penurunan Titik Beku

Seperti halnya penurunan tekanan uap jenuh, rumus untuk kenaikan titik didih dan penurunan titik beku untuk larutan elektrolit juga dikalikan dengan faktor Van't Hoff.

$$\Delta T_b = K_b m \{1 + (n - 1)\alpha\}$$

$$\Delta T_f = K_f m \{1 + (n - 1)\alpha\}$$



Perhatikanlah contoh-contoh soal berikut.

### Contoh 1.19

Sebanyak 4,8 gram magnesium sulfat,  $\text{MgSO}_4$  ( $M_r = 120 \text{ g/mol}$ ) dilarutkan dalam 250 g air. Larutan ini mendidih pada suhu  $100,15^\circ\text{C}$ .

Jika diketahui  $K_b$  air  $0,52^\circ\text{C/m}$ ,  $K_f$  air  $= 1,8^\circ\text{C/m}$ , tentukan:

- derajat ionisasi  $\text{MgSO}_4$ ;
- titik beku larutan.

Jawab

- Reaksi ionisasi  $\text{MgSO}_4$  adalah  $\text{MgSO}_4(\text{s}) \rightarrow \text{Mg}^{2+}(\text{aq}) + \text{SO}_4^{2-}(\text{aq})$  ( $n = 2$ )  
Kenaikan titik didih:

$$\begin{aligned}\Delta T_b &= T_b \text{ larutan} - T_b \text{ air} \\ &= 100,15^\circ\text{C} - 100^\circ\text{C} = 0,15^\circ\text{C}\end{aligned}$$

$$\Delta T_b = K_b \cdot m \cdot i$$

$$= K_b \times \frac{\text{massa}}{M_r} \times \frac{1.000}{P} \times \{1 + (n - 1) \alpha\}$$

$$\begin{aligned}0,15 &= 0,52^\circ\text{C/m} \times \frac{4,8 \text{ g}}{120 \text{ g/mol}} \times \frac{1.000 \text{ g/kg}}{250 \text{ g}} \times \{1 + (2 - 1) \alpha\} \\ \alpha &= 0,8\end{aligned}$$

Jadi, derajat ionisasi  $\text{MgSO}_4$  adalah 0,8.

- Untuk menghitung titik bekunya, kita cari dulu penurunan titik bekunya dengan rumus:

$$\Delta T_f = K_f \times \frac{\text{massa}}{M_r} \times \frac{1.000}{P} \times \{1 + (n - 1) \alpha\}$$

$$\begin{aligned}\Delta T_f &= 1,8^\circ\text{C/m} \times \frac{4,8 \text{ g}}{120 \text{ g/mol}} \times \frac{1.000 \text{ g/kg}}{250 \text{ g}} \times \{1 + (2 - 1) 0,8\} \\ &= 0,52^\circ\text{C}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}T_f \text{ larutan} &= T_f \text{ air} - \Delta T_f \\ &= 0^\circ\text{C} - 0,52^\circ\text{C} = -0,52^\circ\text{C}\end{aligned}$$

Jadi, titik beku larutan tersebut adalah  $-0,52^\circ\text{C}$ .

### Kupas Tuntas

Agar 10 kg air tidak membeku pada suhu  $-5^\circ\text{C}$  perlu ditambahkan garam NaCl. Jika diketahui  $K_b$  air  $= 1,86^\circ\text{C/m}$  dan  $A_r \text{ H} = 1 \text{ g/mol}$ ,  $\text{O} = 16 \text{ g/mol}$ ,  $\text{Na} = 23 \text{ g/mol}$ , dan  $\text{Cl} = 35,5 \text{ g/mol}$  maka pernyataan berikut benar, kecuali ....

- diperlukan NaCl lebih dari 786 gram
- larutan NaCl adalah elektrolit kuat
- bentuk molekul air tetrahedral
- NaCl dapat terionisasi sempurna
- dalam air terdapat ikatan hidrogen

#### Pembahasan

Molekul air berbentuk angular (huruf V).

Jadi, pernyataan yang salah adalah (C) bentuk molekul air tetrahedral.

SPMB 2004

## 3. Tekanan Osmotik

Tekanan osmotik untuk larutan elektrolit diturunkan dengan mengalikan faktor van't Hoff.

$$\pi = MRT \{1 + (n - 1) \alpha\}$$

Perhatikanlah contoh-contoh soal berikut.

### Contoh 1.20

Sebanyak 5,85 gram NaCl ( $M_r = 58,5 \text{ g/mol}$ ) dilarutkan dalam air sampai volume 500 mL. Hitunglah tekanan osmotik larutan yang terbentuk jika diukur pada suhu  $27^\circ\text{C}$  dan  $R = 0,082 \text{ L atm/mol K}$ .

Jawab

diketahui, NaCl ( $n = 2$ ) dan  $\alpha = 1$

$$\pi = M R T i$$

$$= \frac{\text{massa}}{M_r} \times \frac{1.000}{P} \times R T \times \{1 + (n - 1) \alpha\}$$

$$= \frac{5,85 \text{ g}}{58,5 \text{ g/mol}} \times \frac{1.000 \text{ mL/L}}{500 \text{ mL}} \times 0,082 \text{ L atm/mol K} \times 300 \text{ K} \times \{1 + (2 - 1)\}$$

$$= 9,84 \text{ atm}$$

Jadi, tekanan osmotik larutan tersebut adalah 9,84 atm.

### Contoh 1.21

Sebanyak 38 g elektrolit biner ( $M_r = 95 \text{ g/mol}$ ) dilarutkan dalam air sampai dengan volume 1 L pada suhu  $27^\circ\text{C}$  dan memiliki tekanan osmotik 10 atm. Hitunglah derajat ionisasi elektrolit biner tersebut.

Jawab

$$\pi = M R T \{1 + (n - 1) \alpha\}$$

$$10 = \frac{38 \text{ g}}{95 \text{ g/mol}} \times \frac{1.000}{1.000} \times 0,082 \text{ L atm/mol K} \times 300 \text{ K} \times \{1 + (2 - 1) \alpha\}$$

$$\alpha = 0,016$$

Jadi, derajat ionisasi larutan tersebut adalah 0,016.

### Kupas Tuntas

Jika diketahui tekanan osmotik larutan 10 gram asam benzoat,  $\text{C}_6\text{H}_5\text{COOH}$ , dalam benzena adalah 2 atm pada suhu tertentu, larutan 20 gram senyawa binernya  $(\text{C}_6\text{H}_5\text{COOH})_2$  dalam pelarut yang sama memiliki tekanan osmotik sebesar ...

- 0,5 atm
- 1,0 atm
- 2,0 atm
- 4,0 atm
- 8,0 atm

#### Pembahasan

Oleh karena perbandingan massa/ $M_r$  sama, molaritas akan sama dan tekanan osmotik pun sama. Jadi, tekanan osmotiknya sebesar (A) 2 atm.

SPMB 2004

## Soal Penguasaan Materi 1.3

Kerjakanlah di dalam buku latihan Anda.

- Sebanyak 5 g NaCl ( $M_r = 58 \text{ g/mol}$ ) dilarutkan dalam 200 g air. Larutan ini mendidih pada suhu  $100,25^\circ\text{C}$ . Jika diketahui  $K_b$  air =  $0,52^\circ\text{C/m}$  dan  $K_f$  air =  $1,86^\circ\text{C/m}$ , tentukan derajat ionisasi NaCl dan titik beku larutannya.
- Hitunglah tekanan osmotik larutan yang mengandung 40 g  $\text{MgCl}_2$  ( $M_r = 94 \text{ g/mol}$ ) dengan volume larutan 2 L pada suhu  $27^\circ\text{C}$  dan  $R = 0,082 \text{ L atm/mol K}$ .

## Rangkuman

- Molalitas adalah besaran yang berguna untuk menghitung jumlah zat terlarut yang dinyatakan dalam mol dan jumlah pelarut dalam kilogram.

$$\text{Molalitas (m)} = \frac{\text{massa}}{M_r} \times \frac{1.000}{P}$$

- Fraksi mol merupakan satuan konsentrasi yang semua komponen larutannya dinyatakan berdasarkan mol. Total fraksi mol = 1

$$X_i = \frac{\text{mol komponen i}}{\text{Jumlah mol semua komponen dalam larutan}}$$

- Sifat koligatif bergantung pada jumlah zat yang terlarut pada larutan. Sifat koligatif terdiri atas penurunan tekanan uap ( $\Delta P$ ), kenaikan titik didih ( $\Delta T_b$ ) dan penurunan titik beku ( $\Delta T_f$ ), dan tekanan osmotik.

- Penurunan tekanan uap ( $\Delta P$ )

$$\Delta P = x_B \cdot P_A^0$$

$$P_B = x_B \cdot P_B^0$$

$$P_A = x_A \cdot P_A^0$$

$$P_{\text{total}} = P_A + P_B$$

$$= x_A P_A^0 + x_B P_B^0$$

- Kenaikan titik didih ( $\Delta T_b$ ) dan penurunan titik beku ( $\Delta T_f$ )

$$\Delta T_b = K_b \times m$$

$$\Delta T_f = K_f \times m$$

$$\Delta T_b = T_b - T_b^0$$

$$\Delta T_f = T_f^0 - T_f$$

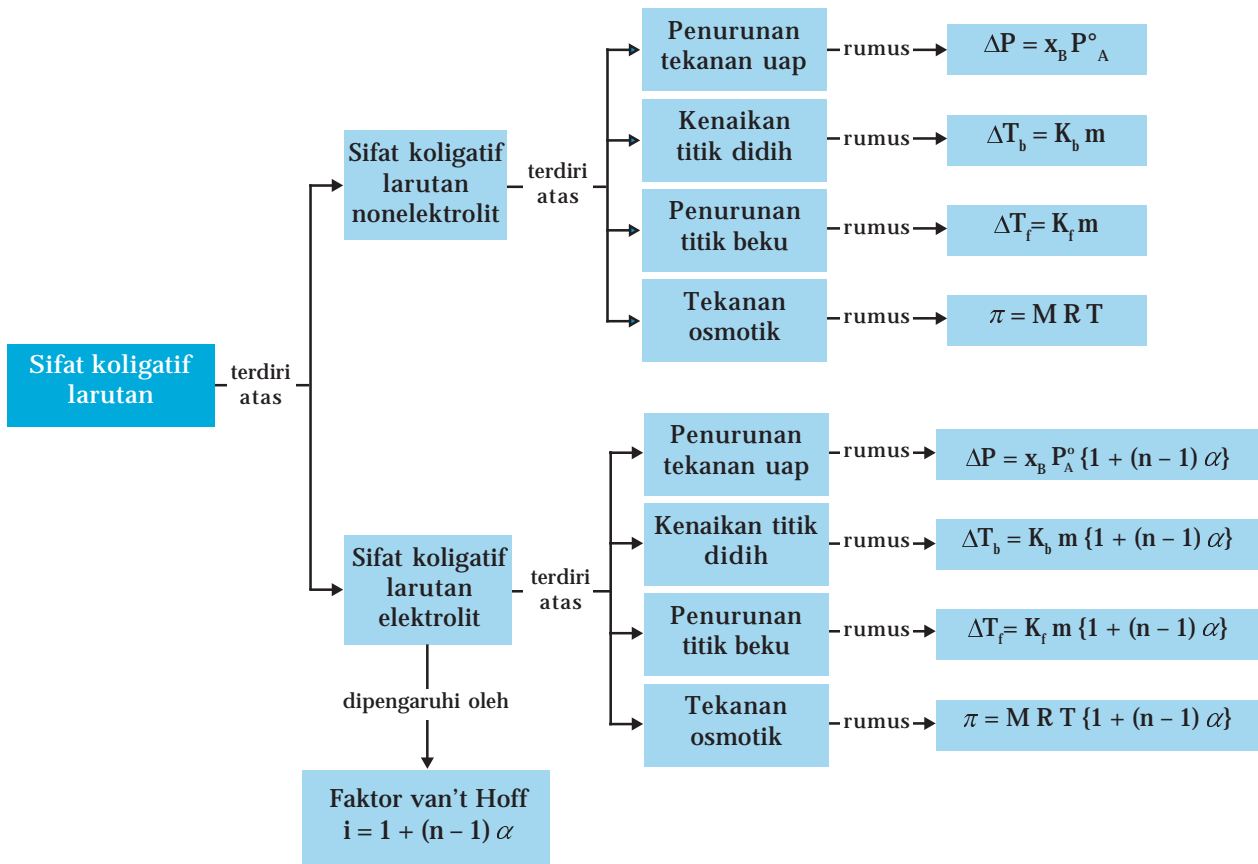
- Tekanan osmotik ( $\pi$ )  
 $\pi = MRT$

- Sifat koligatif larutan elektrolit bergantung pada bilangan faktor Van't Hoff. Jadi, perhitungan penurunan tekanan uap, kenaikan titik didih, dan tekanan osmotik dikalikan dengan faktor Van't Hoff (i).

$$i = 1 + (n - 1) \alpha$$



# Peta Konsep



## Kaji Diri

Bagaimanakah pendapat Anda setelah mempelajari materi **Sifat Koligatif Larutan** ini? Menyenangkan, bukan? Banyak hal yang menarik tentang materi Sifat Koligatif Larutan ini. Misalnya, Anda akan mengenal berbagai perubahan sifat fisik dari larutan dan dapat membedakan antara larutan elektrolit dan nonelektrolit.

Tujuan Anda mempelajari bab ini adalah agar Anda dapat menjelaskan penurunan tekanan uap, kenaikan titik didih, penurunan titik beku larutan, dan tekanan osmotik termasuk sifat koligatif larutan, serta membandingkan antara sifat

koligatif larutan berdasarkan percobaan nonelektrolit dan sifat koligatif larutan elektrolit yang konsentrasinya sama. Apakah Anda dapat mencapai tujuan belajar tersebut? Jika Anda mengalami kesulitan dalam mempelajari materi tertentu pada bab ini, bertanyalah kepada guru kimia Anda. Anda pun dapat berdiskusi dengan teman-teman untuk memecahkan permasalahan-permasalahan yang berkenaan dengan materi Sifat Koligatif Larutan ini. Belajarlah dengan baik. Pastikanlah Anda menguasai materi ini.

## Evaluasi Materi Bab 1

A. Pilihlah salah satu jawaban yang paling tepat dan kerjakanlah pada buku latihan Anda.

- Molalitas larutan menyatakan banyaknya mol zat terlarut dalam ....  
A. 100 gram larutan  
B. 1.000 gram larutan  
C. 1 liter larutan  
D. 1.000 gram pelarut  
E. 1 liter pelarut
- Sebanyak 84 gram KOH ( $A_r \text{ K} = 39 \text{ g/mol}$ ,  $A_r \text{ O} = 16 \text{ g/mol}$ , dan  $A_r \text{ H} = 1 \text{ g/mol}$ ) dilarutkan dalam 750 g air. Konsentrasi larutan adalah ....  
A. 2,0 M  
B. 1,5 M  
C. 1,0 M  
D. 2,0 m  
E. 1,5 m
- Jika bobot molekul fruktosa 180. Molalitas larutan fruktosa 10% ialah ....  
A. 0,82  
B. 0,72  
C. 0,62  
D. 0,52  
E. 0,42
- Larutan 1 molal NaOH ( $A_r \text{ Na} = 23 \text{ g/mol}$ ,  $A_r \text{ O} = 16 \text{ g/mol}$ , dan  $A_r \text{ H} = 1 \text{ g/mol}$ ) terbuat dari 40 g NaOH dengan ....  
A. 960 gram air  
B. 1 liter air  
C. air sehingga volume larutan 1 liter  
D. 1.000 gram air  
E. 960 mL air
- Di antara larutan berikut yang memiliki fraksi mol terbesar adalah .... ( $A_r \text{ C} = 12$ ,  $A_r \text{ O} = 16$ ,  $A_r \text{ H} = 1$ ,  $A_r \text{ N} = 14$ ,  $A_r \text{ Na} = 23$ ,  $A_r \text{ Cl} = 35,5$ ,  $A_r \text{ Mg} = 24$ ,  $A_r \text{ S} = 32$ )  
A. larutan urea ( $\text{CO}(\text{NH}_2)_2$ ) 10%  
B. larutan glukosa ( $\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6$ ) 20%  
C. larutan NaCl 10%  
D. larutan sukrosa ( $\text{C}_{11}\text{H}_{22}\text{O}_{11}$ ) 30%  
E. larutan  $\text{MgSO}_4$  20%
- Dalam 500 gram air terdapat 12 g urea  $\text{CO}(\text{NH}_2)_2$  ( $A_r \text{ C} = 12$ ,  $A_r \text{ N} = 14$ ,  $A_r \text{ O} = 16$ ,  $A_r \text{ H} = 1$ ). Konsentrasi kemolalan larutan urea tersebut adalah ....  
A. 0,1 m  
B. 0,2 m  
C. 0,3 m  
D. 0,4 m  
E. 0,5 m
- Sebanyak 0,2 mol gula dilarutkan dalam air hingga diperoleh fraksi mol larutan gula sebesar 0,04. Jika  $M_r$  air 18, banyaknya air yang harus ditambahkan adalah ....  
A. 1,6 g  
B. 4,18 g  
C. 8,72 g  
D. 86,4 g  
E. 90 g
- Fraksi mol larutan 36 g glukosa ( $\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6$ ) dalam 90 g air ( $\text{H}_2\text{O}$ ) adalah .... ( $A_r \text{ C} = 12 \text{ g/mol}$ ,  $A_r \text{ O} = 16 \text{ g/mol}$ ,  $A_r \text{ H} = 1 \text{ g/mol}$ )  
A. 0,960  
B. 0,400  
C. 0,040  
D. 0,038  
E. 0,004
- Suatu larutan X mendidih pada suhu  $100,13^\circ\text{C}$ . ( $K_b$  air =  $0,52^\circ\text{C/m}$  dan  $K_f$  air =  $1,86^\circ\text{C/m}$ ) Larutan tersebut akan membeku pada suhu ....  
A.  $-1,86^\circ\text{C}$   
B.  $-0,52^\circ\text{C}$   
C.  $-0,46^\circ\text{C}$   
D.  $-0,26^\circ\text{C}$   
E.  $-0,13^\circ\text{C}$
- Suatu larutan 3 g zat nonelektrolit dalam 100 g air ( $K_f = 1,86^\circ\text{C/m}$ ) membeku pada  $-0,279^\circ\text{C}$ . Massa molekul relatif zat tersebut adalah ....  
A. 95 g/mol  
B. 100 g/mol  
C. 175 g/mol  
D. 200 g/mol  
E. 300 g/mol
- Untuk menaikkan titik didih 250 mL air menjadi  $100,1^\circ\text{C}$  pada 1 atm ( $K_b = 0,5^\circ\text{C/m}$ ) maka jumlah gula ( $M_r = 342 \text{ g/mol}$ ) yang harus dilarutkan adalah ....  
A. 684 g  
B. 342 g  
C. 171 g  
D. 85 g  
E. 17 g
- Jika  $K_f$  air =  $1,86^\circ\text{C/m}$  maka larutan NaOH 4% ( $A_r \text{ Na} = 23 \text{ g/mol}$ ,  $A_r \text{ O} = 16 \text{ g/mol}$ ,  $A_r \text{ H} = 1 \text{ g/mol}$ ) akan membeku pada suhu ....  
A.  $-1,86^\circ\text{C}$   
B.  $-1,94^\circ\text{C}$   
C.  $-3,72^\circ\text{C}$   
D.  $-3,88^\circ\text{C}$   
E.  $-7,442^\circ\text{C}$
- Suatu larutan urea dalam air memiliki penurunan titik beku  $0,372^\circ\text{C}$ . Jika  $K_b$  air =  $0,52^\circ\text{C/m}$  dan  $K_f$  air =  $1,86^\circ\text{C/m}$  maka kenaikan titik didih larutan urea tersebut adalah ....  
A.  $2,6^\circ\text{C}$   
B.  $1,04^\circ\text{C}$   
C.  $0,892^\circ\text{C}$   
D.  $0,104^\circ\text{C}$   
E.  $0,026^\circ\text{C}$
- Di antara larutan berikut ini yang titik bekunya paling tinggi adalah ....  
A.  $\text{Na}_2\text{CO}_3$  0,3 M  
B.  $\text{CH}_3\text{COOH}$  0,3 M  
C. glukosa 0,8 M  
D.  $\text{Mg}(\text{NO}_3)_2$  0,4 M  
E.  $\text{CuSO}_4$  0,2 M
- Di antara larutan-larutan 0,01 M berikut ini yang memiliki tekanan osmotik terbesar adalah ....  
A. NaCl  
B.  $\text{C}_{12}\text{H}_{22}\text{O}_{11}$   
C.  $\text{BaCl}_2$   
D.  $\text{CO}(\text{NH}_2)_2$   
E.  $\text{Cr}(\text{NH}_3)_4\text{Cl}_2$
- Larutan yang isotonis dengan NaCl 0,3 M adalah ....  
A.  $\text{Na}_2\text{SO}_4$  0,3 M  
B.  $\text{KNO}_3$  0,2 M  
C. urea 0,1 M  
D. glukosa 0,6 M  
E.  $\text{H}_2\text{SO}_4$  0,4 M



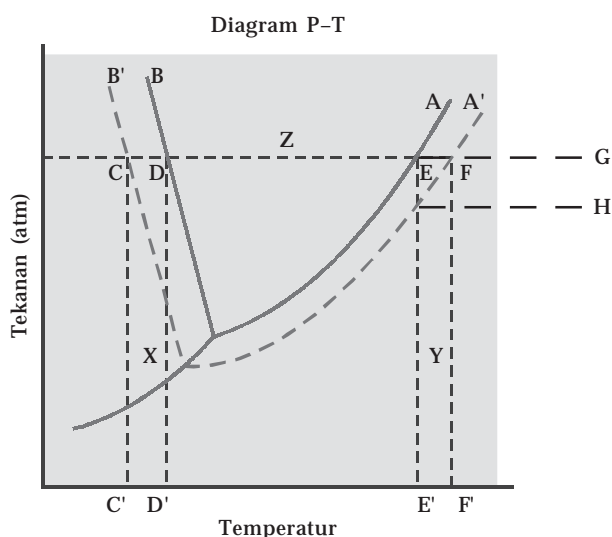
17. Tekanan osmotik suatu larutan yang terdiri atas 7,2 g glukosa ( $C_6H_{12}O_6$ ) dalam 250 mL larutan pada suhu  $27^\circ C$  adalah ....  
( $A_r C = 12$  g/mol,  $A_r O = 16$  g/mol,  $A_r H = 1$  g/mol)
- A. 59,1 atm                      D. 3,94 atm  
B. 39,4 atm                      E. 1,97 atm  
C. 19,7 atm
18. Larutan 1,25 g zat X dalam 100 gram kamfer melebur pada suhu  $174,4^\circ C$ . Jika diketahui titik lebur kamfer murni  $178,4^\circ C$  dan  $K_f$  kamfer =  $40^\circ C/m$  maka massa molar ( $M_r$ ) zat X adalah ....
- A. 25                                  D. 500  
B. 125                                E. 250  
C. 1.250
19. Pernyataan yang benar tentang sifat koligatif larutan adalah ....
- A. titik didih larutan lebih tinggi dari titik didih pelarutnya  
B. titik beku larutan lebih tinggi dari titik beku pelarutnya
- C. tekanan uap larutan lebih tinggi dari tekanan uap pelarutnya  
D. tekanan osmotik larutan elektrolit sama dengan tekanan osmotik larutan nonelektrolit dengan konsentrasi yang sama  
E. titik beku larutan elektrolit lebih tinggi dari titik beku larutan nonelektrolit dengan konsentrasi yang sama.
20. Suatu larutan dibuat dari 2 mol  $K_2SO_4$  yang dilarutkan dalam 1.000 g air. Jika diketahui  $K_2SO_4$  terurai 90%, titik didih larutan adalah ....  
( $K_b$  air =  $0,5^\circ C/m$ )
- A.  $100,9^\circ C$   
B.  $101,4^\circ C$   
C.  $102,8^\circ C$   
D.  $103,0^\circ C$   
E.  $163,6^\circ C$

**B. Jawablah pertanyaan berikut dengan benar:**

1. Hitunglah tekanan uap suatu larutan 3 mol glukosa dalam 900 g air pada suhu  $300^\circ C$  jika tekanan uap air murni pada  $100^\circ C$  adalah 31,8 mmHg.
2. Sebanyak 3 g senyawa nonelektrolit dimasukkan ke dalam 50 g eter ( $M_r = 74$  g/mol). Larutan tersebut memiliki tekanan uap sebesar 426 mmHg. Jika tekanan uap eter murni pada suhu tersebut 442 mmHg, tentukan  $M_r$  senyawa nonelektrolit tersebut.
3. Suatu zat organik sebanyak 0,645 g dilarutkan dalam 50 g  $CCl_4$  memberikan  $\Delta T_b = 0,645^\circ C$ . Jika  $K_b$  pelarut =  $5,03^\circ C/m$ , tentukan massa molekul relatif zat itu.
4. Suatu zat nonelektrolit ( $M_r = 40$  g/mol) sebanyak 30 g dilarutkan ke dalam 900 g air, titik beku larutan ini adalah  $-1,550^\circ C$ . Berapa gram zat tersebut yang harus dilarutkan ke dalam 1,2 kg air agar diperoleh larutan dengan titik beku setengahnya dari titik beku di atas?
5. Sebanyak 11,7 g NaCl ( $M_r = 58,5$  g/mol) dilarutkan ke dalam air sampai volume 400 mL. Hitunglah tekanan osmotik larutan yang terbentuk jika diukur pada suhu  $27^\circ C$  dan  $R = 0,082$  L atm/mol K.

**Soal Tantangan**

1. Perhatikan Diagram P-T berikut.



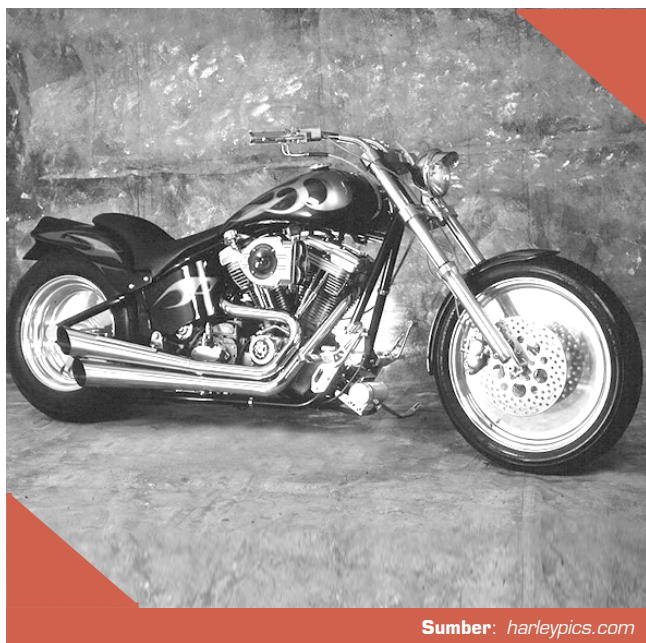
Berdasarkan diagram P-T tersebut, tunjukkan

- a. kenaikan titik didih larutan;  
b. penurunan titik beku larutan;  
c. penurunan tekanan uap; dan  
d. tentukan fasa zat pada X, Y, dan Z.

2. Pernahkah Anda melihat penjual es potong? Mungkin juga, Anda pernah membelinya. Untuk membuat es potong tersebut, si penjual menaruh garam dapur bersama es balok di sekitar cetakan es. Menurut Anda, mengapa penjual es melakukan hal tersebut?

# B a b 2

## Reaksi Redoks dan Elektrokimia



Sumber: harleypics.com

Pada bab ini, Anda akan diajak untuk dapat menerapkan konsep reaksi oksidasi-reduksi dan elektrokimia dalam teknologi dan kehidupan sehari-hari dengan cara menerapkan konsep reaksi oksidasi-reduksi dalam sistem elektrokimia yang melibatkan energi listrik dan kegunaannya dalam mencegah korosi dan dalam industri, serta menjelaskan reaksi oksidasi-reduksi dalam sel elektrolisis dan menerapkan Hukum Faraday untuk elektrolisis larutan elektrolit.

Anda tentu mengenal baterai, alat yang dapat menghasilkan arus listrik. Berbagai jenis baterai dalam berbagai bentuk dan tegangan telah banyak dibuat untuk menjalankan peralatan-peralatan elektronik. Pada prinsipnya, arus yang dihasilkan baterai disebabkan oleh reaksi kimia, yaitu reaksi redoks.

Selain baterai, penerapan reaksi redoks banyak digunakan di dalam kehidupan sehari-hari, contoh pemanfaatan lainnya adalah pada penyepuhan logam. Proses penyepuhan logam, seperti pelapisan kromium pada mesin kendaraan bermotor sehingga terlihat mengkilap, menggunakan sel elektrolisis. Bagaimanakah proses elektrolisis terjadi? Bagaimana pula reaksi yang terjadi pada baterai?

Pada bab ini, Anda akan mempelajari penyetaraan reaksi redoks dan penerapannya pada sel elektrokimia, seperti sel Volta/sel Galvani dan sel elektrolisis serta pemanfaatannya.

- A. Reaksi Redoks**
- B. Sel Elektrokimia**
- C. Korosi**

## Soal Pramateri

1. Bagaimanakah konsep reduksi dan oksidasi berdasarkan pengikatan dan pelepasan oksigen? Jelaskan.
2. Bagaimanakah cara mengidentifikasi sifat larutan elektrolit dan larutan nonelektrolit? Jelaskan.
3. Bagaimanakah konsep reduksi dan oksidasi berdasarkan penerimaan dan penyerahan elektron? Jelaskan.

## A Reaksi Redoks

Konsep reduksi dan oksidasi (redoks) berdasarkan pengikatan dan pelepasan oksigen, penyerahan dan penerimaan elektron, serta peningkatan dan penurunan bilangan oksidasi telah Anda pelajari di Kelas X Bab 7.

Konsep redoks pada Kelas X baru diterapkan dalam memberi nama senyawa sehingga dapat membedakan apa nama untuk  $\text{CuO}$  dan  $\text{Cu}_2\text{O}$  serta memahami penerapan konsep redoks dalam mengatasi masalah lingkungan. Selain itu, masih banyak penerapan reaksi reduksi oksidasi dalam kehidupan sehari-hari, misalnya reaksi yang terjadi pada baterai kering, sel aki, penyepuhan dan pemurnian logam, serta penanggulangan korosi.

Reaksi reduksi-oksidasi merupakan reaksi yang berlangsung pada proses-proses elektrokimia, yaitu proses kimia yang menghasilkan arus listrik dan proses kimia yang menggunakan arus listrik.

Bagaimana reaksi-reaksi itu terjadi? Pada bab ini akan dibahas lanjutan penerapan reaksi redoks dalam menyetarakan persamaan reaksi dan sel elektrokimia. Agar Anda memahami penerapan konsep redoks ini, lakukanlah kegiatan berikut.

## Selidikilah 2.1

### Penyetaraan Reaksi Redoks

#### Tujuan

Menyetarakan reaksi redoks

#### Alat dan Bahan

Persamaan reaksi

#### Langkah Kerja

1. Pelajarilah contoh-contoh reaksi redoks berikut dan setarakan reaksinya.
  - a.  $\text{Mg(s)} + \text{O}_2\text{(g)} \rightarrow \text{MgO(s)}$
  - b.  $\text{CH}_4\text{(g)} + \text{O}_2\text{(g)} \rightarrow \text{CO}_2\text{(g)} + \text{H}_2\text{O(g)}$
  - c.  $\text{ZnS(s)} + \text{HNO}_3\text{(aq)} \rightarrow \text{ZnSO}_4\text{(aq)} + \text{NO(g)} + \text{H}_2\text{O(l)}$
  - d.  $\text{KMnO}_4\text{(aq)} + \text{Na}_2\text{SO}_3\text{(aq)} + \text{H}_2\text{SO}_4\text{(aq)} \rightarrow \text{K}_2\text{SO}_4\text{(aq)} + \text{MnSO}_4\text{(aq)} + \text{Na}_2\text{SO}_4\text{(aq)} + \text{H}_2\text{O(l)}$
  - e.  $\text{Cr}_2\text{O}_7^{2-}\text{(aq)} + \text{Fe}^{2+}\text{(aq)} + \text{H}^+\text{(aq)} \rightarrow \text{Cr}^{3+}\text{(aq)} + \text{Fe}^{3+}\text{(aq)} + \text{H}_2\text{O(l)}$

Jawablah pertanyaan berikut untuk menarik kesimpulan.

1. Apakah sama jumlah atom di ruas kiri dan di ruas kanan untuk kelima reaksi?
2. Apakah sama jumlah muatan di ruas kiri dan ruas kanan untuk reaksi yang kelima?
3. Manakah langkah penyetaraan reaksi yang lebih mudah untuk reaksi a, b, c, d, atau e?
4. Adakah reaksi yang sulit untuk disetarakan?

Diskusikan hasil yang Anda peroleh dengan teman Anda.

Bandingkanlah hasil penyelidikan Anda dengan penjelasan berikut.

Suatu reaksi dinyatakan setara, apabila:

- a. jumlah atom di ruas kiri sama dengan jumlah atom di ruas kanan;
- b. jumlah muatan di ruas kiri sama dengan jumlah muatan di ruas kanan.

Reaksi redoks sederhana dapat disetarakan dengan mudah, namun reaksi yang rumit harus ditangani secara khusus. Ada dua cara untuk menyetarakan reaksi dengan cara redoks, yaitu:

1. cara bilangan oksidasi;
2. cara setengah reaksi/ion elektron.

## Kata Kunci

- Bilangan oksidasi
- Reaksi oksidasi
- Reaksi reduksi

## 1. Cara Bilangan Oksidasi

Penyetaraan persamaan reaksi redoks menggunakan cara bilangan oksidasi (biloks) dilakukan dengan cara menyamakan jumlah elektron yang dilepas oleh reduktor dan elektron yang diikat oleh oksidator. Banyaknya elektron yang dilepas ataupun diterima ditentukan melalui perubahan biloks yang terjadi.

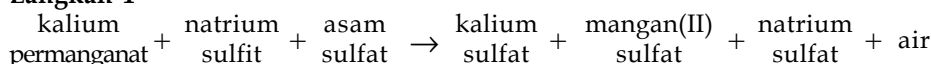
Dalam reaksi redoks,  $\text{H}_2\text{O}$  sering terlibat di dalam reaksi. Oleh karena itu, molekul  $\text{H}_2\text{O}$  perlu dituliskan dalam persamaan reaksi. Begitu pula ion  $\text{H}^+$  dan  $\text{OH}^-$ , kadang-kadang perlu dituliskan dalam persamaan reaksi redoks untuk menyatakan apakah reaksi berlangsung dalam suasana asam atau basa.

### Contoh 2.1

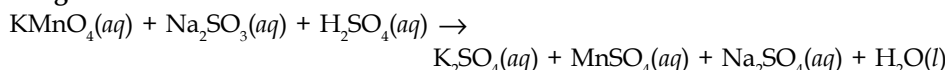
Setarakan persamaan untuk reaksi antara kalium permanganat dan natrium sulfat dengan hadirnya asam sulfat untuk membentuk kalium sulfat, mangan(II) sulfat, natrium sulfat, dan air.

Jawab

#### Langkah 1



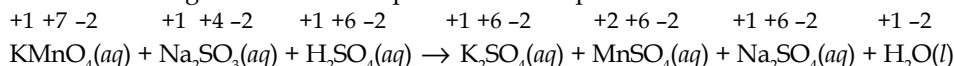
#### Langkah 2



(reaksi belum setara)

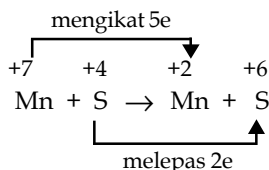
#### Langkah 3

Tentukan bilangan oksidasi setiap unsur dalam persamaan itu:



#### Langkah 4

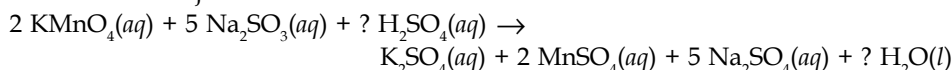
Pilihlah unsur-unsur yang mengalami perubahan dalam bilangan oksidasi, artinya yang mengalami oksidasi atau reduksi.



#### Langkah 5

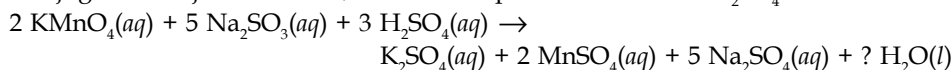
Samakan jumlah elektron yang dilepas dan diikat agar jumlah elektron yang dilepaskan sama dengan yang diikat. Jumlah elektron yang dilepaskan harus dikalikan 5, jadi  $2 \times 5 = 10$  elektron.

Adapun jumlah elektron yang diikat dikalikan 2 sehingga menjadi  $5 \times 2 = 10$  elektron. Persamaan menjadi:



#### Langkah 6

Dengan memeriksa ruas kiri dan ruas kanan, tentukan banyaknya mol yang belum disetarakan, dalam hal ini  $\text{H}_2\text{SO}_4$  dan  $\text{H}_2\text{O}$  yang diperlukan untuk menyetarakan persamaan. Seperti yang ditunjukkan oleh persamaan dalam **langkah 5**, 8 mol belerang ditunjukkan di sebelah kanan ( $\text{K}_2\text{SO}_4$ , 2  $\text{MnSO}_4$ , dan 5  $\text{Na}_2\text{SO}_4$ ). Agar di kiri juga menunjukkan 8 mol, harus ditetapkan 3 mol untuk  $\text{H}_2\text{SO}_4$ .



Banyaknya air dapat dihitung dengan dua cara:

- Banyaknya total atom oksigen yang ditunjukkan di ruas kiri persamaan terakhir adalah 35 dan di kanan adalah 32 mol, tidak termasuk  $\text{H}_2\text{O}$ . Jadi, harus ditambahkan 3 mol air.

### Anda Harus Ingat

Reaksi reduksi oksidasi dapat disetarakan dengan dua cara:

- cara bilangan oksidasi;
- cara setengah reaksi.

### You Must Remember

Reduction oxidation reaction can be equal with two ways:

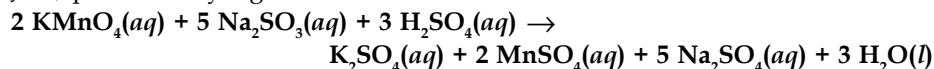
- the change of oxidation number;
- a half reaction.





- b. Banyaknya atom hidrogen yang ditunjukkan di kiri adalah 6 mol ( $3 \text{ H}_2\text{SO}_4$ ).  
Jadi, harus ditetapkan 3 mol air.

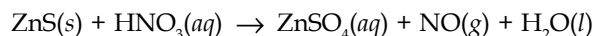
Jadi, persamaan yang setara adalah



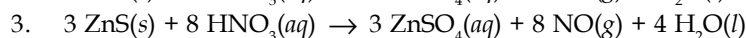
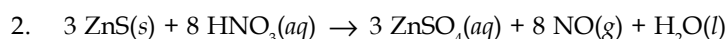
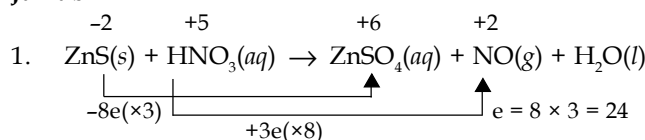
Perhatikan beberapa contoh penyelesaian reaksi redoks dengan cara biloks berikut.

### Contoh 2.2

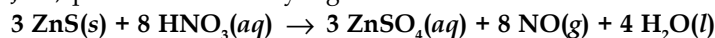
Setarakanlah reaksi berikut.



Jawab



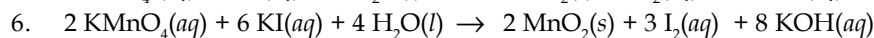
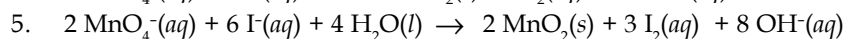
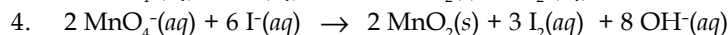
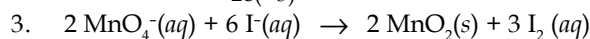
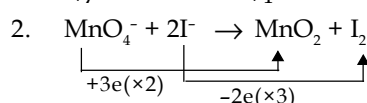
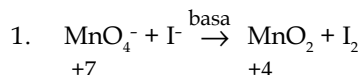
Jadi, persamaan reaksi yang setara adalah



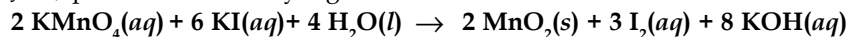
### Contoh 2.3

Setarakanlah reaksi antara  $\text{KMnO}_4$  dengan KI dalam suasana basa.

Jawab



Jadi, persamaan reaksi yang setara adalah



## 2. Cara Setengah Reaksi/Ion Elektron

Penyetaraan persamaan reaksi redoks dengan cara ini dilakukan dengan membagi reaksi menjadi 2 bagian, yaitu:

- sistem yang teroksidasi;
- sistem yang tereduksi.

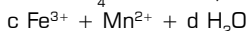
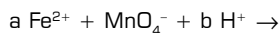
Penyelesaian dilakukan untuk setiap bagian, dilanjutkan dengan penyetaraan jumlah elektron yang terlibat pada bagian a dan b, yang diakhiri dengan menjumlahkan kedua reaksi.

### Contoh 2.4

Setarakan persamaan untuk reaksi natrium dikromat ( $\text{Na}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$ ) dan asam klorida untuk menghasilkan natrium klorida, kromium(III) klorida, air, dan klorin.

### Kupas Tuntas

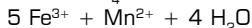
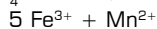
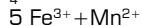
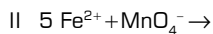
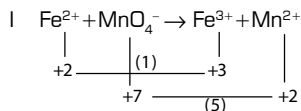
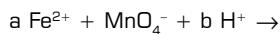
Reaksi redoks berikut:



Harga a, b, c, dan d berturut-turut adalah ....

- 4, 5, 8, 5
- 4, 5, 5, 8
- 5, 5, 8, 4
- 5, 8, 5, 4
- 5, 8, 4, 5

Pembahasan



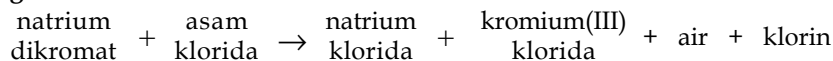
Jadi, harga a, b, c, dan d berturut-turut adalah (D) 5, 8, 5, 4.

UN 2004

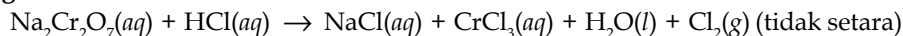


Jawab

**Langkah 1**

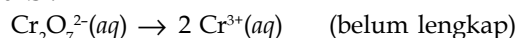


**Langkah 2**

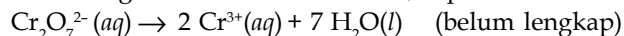


**Langkah 3**

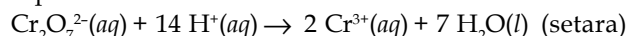
Tuliskan bentuk ion setiap zat, baik untuk persamaan reduksi maupun untuk oksidasi. Untuk persamaan reduksi:



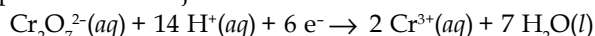
Dengan mengetahui bahwa oksigen akan membentuk air, diperoleh



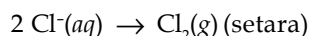
Juga mengetahui bahwa ion hidrogen harus bergabung dengan oksigen untuk membentuk air, maka diperoleh



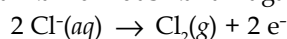
Dengan menambahkan elektron secukupnya pada ruas kiri untuk menyetarakan muatan maka persamaan menjadi:



Untuk persamaan oksidasi:

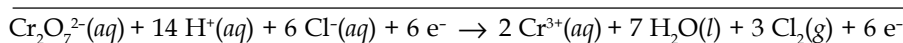
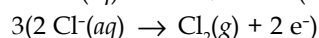
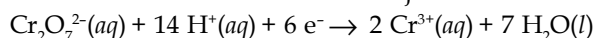


Sebanyak  $2 e^-$  harus ditambahkan di ruas kanan agar muatannya menjadi setara

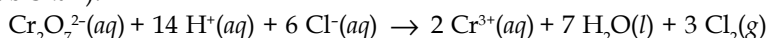


**Langkah 4**

Selanjutnya kedua reaksi reduksi dan oksidasi dijumlahkan:

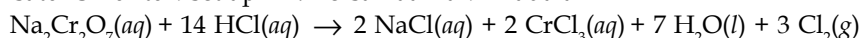


Persamaan kedua dikalikan 3 sehingga jumlah elektron yang dilepaskan dalam oksidasi sama dengan elektron yang diterima dalam reduksi (elektron saling menghabiskan).

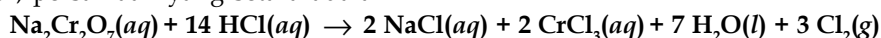


**Langkah 5**

Untuk menuliskan persamaan keseluruhan yang setara, dikembalikan ke persamaan reaksi molekul dengan memasukkan 2 ion  $\text{Na}^+$  untuk setiap  $\text{Cr}_2\text{O}_7^{2-}$  dan satu  $\text{Cl}^-$  untuk setiap  $\text{H}^+$ . Persamaan akhir adalah

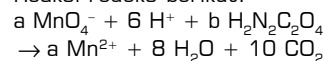


Jadi, persamaan yang setara adalah



## Kupas Tuntas

Reaksi redoks berikut:



Harga a dan b berturut-turut adalah ....

- A. 2 dan 3
- B. 2 dan 4
- C. 2 dan 5
- D. 3 dan 5
- E. 4 dan 4

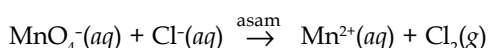
**Pembahasan**

Menyamakan jumlah unsur dan jumlah ion sebelum dan sesudah reaksi dengan mengisi koefisien reaksinya. Jadi, koefisien a dan b berturut-turut adalah (C) 2 dan 5.

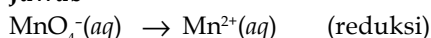
UN 2003

## Contoh 2.5

Setarakan persamaan reaksi berikut:



Jawab

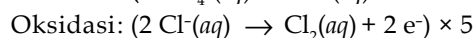
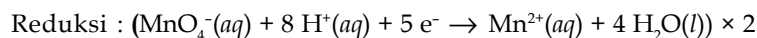


Menyetarakan jumlah atom O dilakukan dengan penambahan  $\text{H}_2\text{O}$  jika suasana reaksi asam. Jumlah H dari  $\text{H}_2\text{O}$  yang ditambahkan disetarakan dengan penambahan  $\text{H}^+$  di ruas lain.

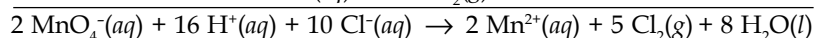
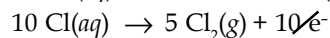
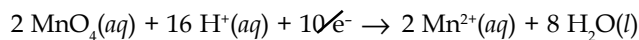
Jika suasana reaksi basa menyetarakan jumlah atom O dilakukan dengan penambahan  $\text{OH}^-$  di ruas lain. Jumlah  $\text{H}^+$  dan  $\text{OH}^-$  yang ditambahkan disetarakan dengan penambahan  $\text{H}_2\text{O}$  di ruas lainnya.

## Kata Kunci

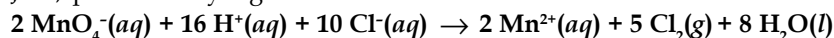
Setengah reaksi



Reduksi dikali 2 dan oksidasi dikali 5 untuk menyetarakan jumlah elektron.  
Jumlah kedua reaksi:

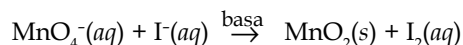


Jadi, persamaan yang setara adalah

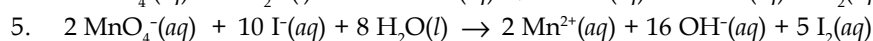
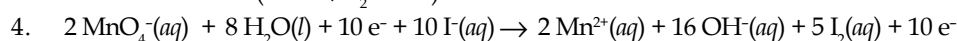
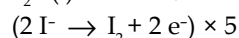
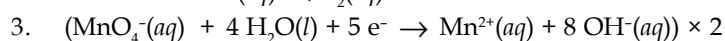
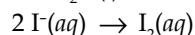
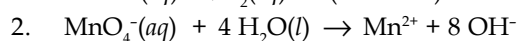
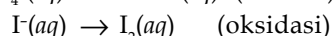
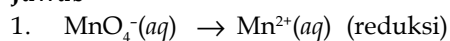


### Contoh 2.6

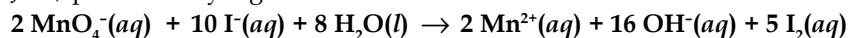
Setarakan persamaan reaksi redoks berikut.



Jawab



Jadi, persamaan yang setara adalah

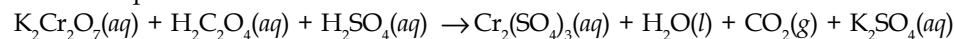


### Kata Kunci

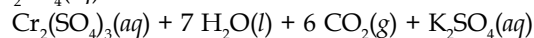
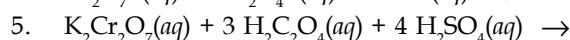
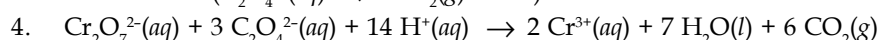
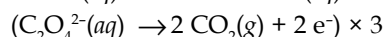
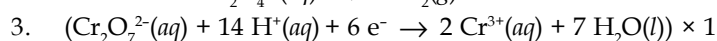
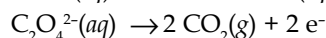
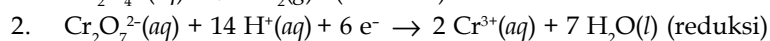
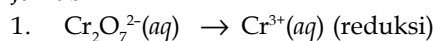
- Jumlah elektron
- Reaksi setara

### Contoh 2.7

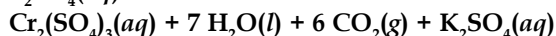
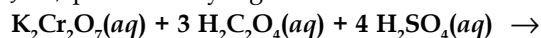
Setarakan persamaan reaksi berikut.



Jawab



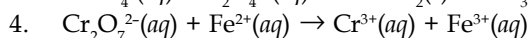
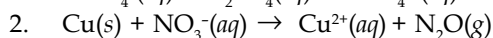
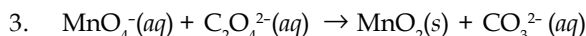
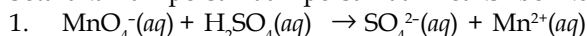
Jadi, persamaan yang setara adalah



## Soal Penguasaan Materi 2.1

Kerjakanlah di dalam buku latihan Anda.

Setarakanlah persamaan-persamaan reaksi berikut.



## B Sel Elektrokimia

Dalam elektrokimia dipelajari reaksi-reaksi yang disertai perpindahan elektron (reaksi redoks). Pada proses ini, energi kimia diubah menjadi energi listrik atau sebaliknya. Reaksi reduksi oksidasi tertentu dapat menghasilkan arus listrik. Adapun pada kondisi lainnya, arus listrik dialirkan ke dalam larutan atau cairan zat kemudian akan terjadi perpindahan elektron yang menghasilkan reaksi kimia.

Sel elektrokimia dibedakan atas:

- Sel Volta/Sel Galvani
- Sel elektrolisis

Persamaannya:

- Pada sel elektrokimia, baik sel Volta maupun sel elektrolisis digunakan elektrode, yaitu katode, anode, dan larutan elektrolit.
- Reaksi yang terjadi pada sel elektrokimia adalah reaksi redoks, pada katode terjadi reduksi, sedangkan pada anode terjadi oksidasi. Perbedaan dapat Anda lihat pada tabel berikut.

**Tabel 2.1** Perbedaan Sel Volta dan Sel Elektrolisis

	Sel Volta	Sel Elektrolisis
1.	Energi kimia diubah menjadi energi listrik	Energi listrik diubah menjadi energi kimia
2.	Katode adalah kutub positif	Katode adalah kutub negatif
3.	Anode kutub negatif	Anode kutub positif
4.	Reaksi spontan	Reaksi tidak spontan

Sebelum lebih lanjut menguraikan sel Volta dan sel elektrolisis, terlebih dahulu akan dibahas deret Volta yang merupakan deret keaktifan logam-logam.

### Kata Kunci

- Energi kimia
- Energi listrik
- Sel elektrokimia

## Selidikilah 2.2

### Reaksi Redoks yang Berlangsung Spontan atau Tidak Spontan

#### Tujuan

Mengamati reaksi redoks yang berlangsung spontan atau tidak spontan berdasarkan hasil pengamatan

#### Alat dan Bahan

Data hasil percobaan

#### Langkah Kerja

- Amati data hasil percobaan berikut.

Reaksi Redoks	Pengamatan
$\text{Na(s)} + \text{HCl(aq)}$ $\text{Mg(s)} + \text{HCl(aq)}$ $\text{Al(s)} + \text{HCl(aq)}$	Reaksi berlangsung/terjadi dengan adanya gelembung gas
$\text{Ag(s)} + \text{HCl(aq)}$ $\text{Cu(s)} + \text{HCl(aq)}$	Tidak terjadi reaksi

- Buatlah persamaan reaksi dari ketiga logam yang bereaksi.
- Tentukan mana yang mengalami reduksi dan mana yang mengalami oksidasi.

Jawablah pertanyaan berikut untuk menarik kesimpulan.

- Apakah fungsi logam Na, Mg, dan Al?
- Manakah sifat reduktor yang lebih kuat jika dilihat dari konfigurasi elektronnya?
- Bandingkan dengan logam yang tidak bereaksi (Ag dan Cu). Bagaimana sifat kekuatan reduktornya?

Diskusikan hasil yang Anda peroleh dengan teman Anda.

## Legenda

### Kimia



**Alessandro Volta (1745–1827)** lahir di Como, Libardy (Italia). Pada 1774, Alesandro Volta menyandang gelar profesor di bidang Fisika di Royal School. Semasa mudanya, ia pernah menulis puisi tentang penemuannya yang mengembirakan. Bukunya yang pertama adalah *De vi attractiva ignis electrici ac phaenomenis inde pendentibus*. Semangatnya yang tinggi dalam mempelajari listrik telah membawanya pada suatu penemuan baterai listrik pada 1800.

Sumber: <http://en.wikipedia.org>

## Anda Harus Ingat

- Reduktor kuat = mudah melepaskan elektron (mudah teroksidasi).
- Reduktor lemah = sukar melepaskan elektron (sukar teroksidasi).

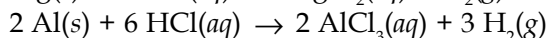
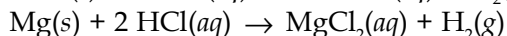
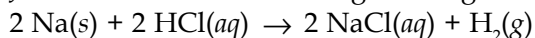
### You Must Remember

- *Strong reductor = easy to release electron*
- *Weak reductor = difficult to release electron*

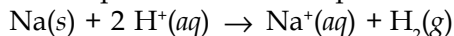
Bandingkanlah kesimpulan yang Anda peroleh dengan penjelasan berikut.

Telah dipelajari sebelumnya bahwa logam-logam pada umumnya memiliki sifat energi ionisasi yang relatif rendah dan afinitas elektron yang relatif kecil. Oleh karena itu, unsur-unsur logam cenderung mengalami oksidasi (melepaskan elektron) dan bersifat reduktor.

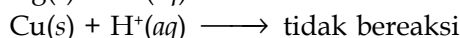
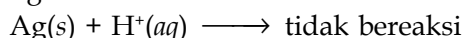
Jika kita reaksi suatu logam dengan asam, misalnya:



Reaksi pertama di atas dapat dituliskan



Pada reaksi logam dengan asam, atom logam mengalami oksidasi dan ion hidrogen mengalami reduksi. Namun, tidak semua logam mampu bereaksi dengan asam, contohnya perak dan tembaga tidak mampu mereduksi ion hidrogen.



Reaksi redoks antara logam dan asam berlangsung spontan bergantung pada mudah atau sukarnya logam itu mengalami oksidasi (kuat atau lemahnya sifat reduktor).

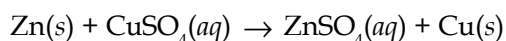
**Alessandro Volta** melakukan eksperimen dan berhasil menyusun deret keaktifan logam atau deret potensial logam yang dikenal dengan *deret Volta*.

**Li K Ba Ca Na Mg Al Nu Zn Cr Fe Cd Co Ni Sn (H) Cu Ag Hg Pt Au**

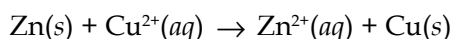
Semakin ke kiri suatu unsur dalam deret Volta, sifat reduktornya semakin kuat. Artinya, suatu unsur akan mampu mereduksi ion-ion unsur di sebelah kanannya, tetapi tidak mampu mereduksi ion-ion dari unsur di sebelah kirinya.

Logam Na, Mg, dan Al terletak di sebelah kiri H sehingga logam tersebut dapat mereduksi ion  $\text{H}^+$  untuk menghasilkan gas  $\text{H}_2$ , sedangkan logam Cu dan Ag terletak di sebelah kanan H sehingga tidak dapat mereduksi ion  $\text{H}^+$  (tidak bereaksi dengan asam).

Deret Volta juga dapat menjelaskan reaksi logam dengan logam lain. Misalnya, logam Zn dimasukkan ke dalam larutan  $\text{CuSO}_4$ . Reaksi yang terjadi adalah Zn mereduksi  $\text{Cu}^{2+}$  (berasal dari  $\text{CuSO}_4$ ) dan menghasilkan endapan logam Cu karena Zn terletak di sebelah kiri Cu.



atau



## Contoh 2.8

Manakah logam-logam berikut ini yang dapat bereaksi dengan larutan HCl untuk menghasilkan gas  $\text{H}_2$ ?

K, Ba, Zn, Su, Ag, Hg, Pt, Cr, Pb

**Jawab**

Logam-logam yang tepat bereaksi dengan asam adalah logam yang terletak di sebelah kiri H dalam deret Volta yaitu K, Ba, Zn, Sn, Cr, dan Pb. Adapun logam-logam Ag, Hg, dan Pt terletak di sebelah kanan H sehingga tidak bereaksi dengan asam.

Jadi, logam yang dapat bereaksi dengan HCl adalah **K, Ba, Zn, Sn, Cr, dan Pb**.

## Contoh 2.9

Manakah reaksi yang mungkin berlangsung dan tidak mungkin berlangsung?

- $\text{Zn(s)} + \text{H}_2\text{SO}_4(\text{aq}) \rightarrow \text{ZnSO}_4(\text{aq}) + \text{H}_2(\text{g})$
- $\text{Zn(s)} + \text{Na}_2\text{SO}_4(\text{aq}) \rightarrow \text{ZnSO}_4(\text{aq}) + 2 \text{Na(s)}$
- $2 \text{Na(s)} + \text{MgCl}_2(\text{aq}) \rightarrow 2 \text{NaCl(aq)} + \text{Mg(s)}$
- $\text{Cu(s)} + \text{Ni(NO}_3)_2(\text{aq}) \rightarrow \text{Cu(NO}_3)_2(\text{aq}) + \text{Ni(s)}$

### Jawab

Berdasarkan urutan sifat reduktornya dalam deret Volta, reaksi yang mungkin berlangsung adalah **a** dan **c**, sedangkan reaksi **b** dan **d** tidak akan berlangsung. Jadi, reaksi yang mungkin berlangsung adalah **a** dan **c**, reaksi yang tidak mungkin berlangsung adalah **b** dan **d**.

## 1. Sel Volta/Sel Galvani

Penemu sel ini ialah ahli kimia Italia **Alessandro Volta** dan **Luigi Galvani**. Sel ini merupakan salah satu sel elektrokimia pertama yang dikembangkan. Untuk lebih memahami sel Volta, lakukanlah kegiatan berikut.

### Selidikilah 2.3

#### Sel Volta

##### Tujuan

Menentukan potensial sel suatu sel Volta

##### Alat dan Bahan

- Gelas kimia 1 L
- Pipa U yang berisi KCl
- Voltmeter
- $\text{ZnSO}_4$  1 M
- $\text{CuSO}_4$  1 M
- Lempeng Zn
- Lempeng Cu

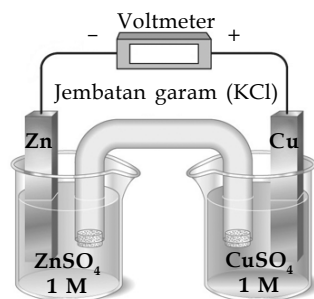
##### Langkah Kerja

- Susunlah alat-alat seperti pada gambar.
- Amati perubahan yang terjadi.

Jawablah pertanyaan berikut untuk menarik kesimpulan.

- Elektrode manakah yang lebih mudah mengalami reduksi dan oksidasi? (jika dilihat dari sifat logam Zn dan Cu dalam deret Volta)
- Bagaimanakah arah aliran elektron?
- Bagaimanakah reaksi redoks yang terjadi?
- Berapakah nilai potensial yang tertera pada voltmeter?

Kerjakanlah secara berkelompok dan diskusikanlah hasil yang Anda peroleh.



### Kata Kunci

- Sel galvani
- Sel volta

### Tantangan Kimia

Logam-logam seperti emas, perak, dan platina sering dijadikan perhiasan dan memiliki nilai jual yang tinggi. Mengapa demikian? Diskusikanlah bersama teman Anda dan hubungkanlah jawaban Anda dengan teori Alessandro Volta.

Bandungkanlah kesimpulan yang Anda peroleh dengan penjelasan berikut.

Pada sel Volta digunakan elektrode negatif (anode) dari batang zink (seng) yang dicelupkan dalam larutan  $\text{ZnSO}_4$  dan elektrode positif (katode) dari batang cuprum (tembaga) yang dicelupkan dalam larutan  $\text{CuSO}_4$ . Kedua larutan dihubungkan dengan jembatan garam atau dipisahkan oleh dinding

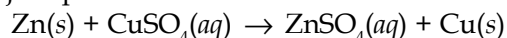


berpori. Jembatan garam terdiri atas pipa berbentuk U yang berisi agar-agar yang mengandung garam kalium klorida. Fungsi jembatan garam adalah untuk mempertahankan kenetralan medium elektrolit tempat batang elektrode berada.

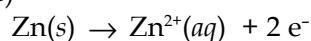
Tahapan kerja sel Volta/sel Galvani:

- Elektrode seng teroksidasi berubah menjadi  $\text{Zn}^{2+}$   
 $\text{Zn(s)} \rightarrow \text{Zn}^{2+}(\text{aq}) + 2\text{e}^-$
- Elektron yang dibebaskan mengalir melalui kawat penghantar menuju elektrode Cu.
- Pada elektrode Cu elektron-elektron diikat oleh ion  $\text{Cu}^{2+}$  dari larutan menjadi Cu dan selanjutnya molekul menempel pada batang Cu, reaksi:  
 $\text{Cu}^{2+}(\text{aq}) + 2\text{e}^- \rightarrow \text{Cu(s)}$
- Akibatnya, Zn teroksidasi dan  $\text{Cu}^{2+}$  tereduksi, pada anode ion  $\text{Zn}^{2+}$  lebih banyak dari ion  $\text{SO}_4^{2-}$ , sedangkan pada katode ion  $\text{SO}_4^{2-}$  lebih banyak dari ion  $\text{Cu}^{2+}$ . Oleh sebab itu, ion  $\text{SO}_4^{2-}$  berpindah dari elektrode Cu ke elektrode Zn melalui jembatan garam.
- Pada akhir reaksi sel, elektrode Zn akan berkurang beratnya, sedangkan elektrode Cu akan bertambah beratnya. Larutan  $\text{CuSO}_4$  semakin encer, sedangkan larutan  $\text{ZnSO}_4$  semakin pekat.

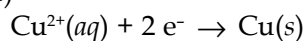
Reaksi yang terjadi pada sel Volta adalah



Reaksi oksidasi (anode)



Reaksi reduksi (katode)



Penulisan reaksi redoks tersebut dapat juga dinyatakan dengan diagram sel berikut:



dengan:  $\mid$  = perbedaan fase

$\parallel$  = jembatan garam

sebelah kiri  $\parallel$  = reaksi oksidasi

sebelah kanan  $\parallel$  = reaksi reduksi

### Anda Harus Ingat

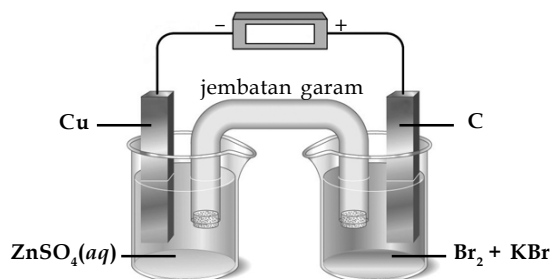
Fungsi jembatan garam untuk mempertahankan kenetralan medium elektrolit tempat batang elektrode berada.

### You Must Remember

The function of salt bridge is to hold up the neutrality of electrolyte medium which is the place of electrode.

## Contoh 2.10

Nyatakanlah diagram sel dari reaksi pada sel kombinasi berikut.



Jawab

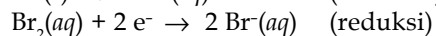
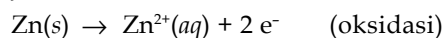


Diagram sel:



Jadi, diagram sel untuk sel tersebut adalah  $\text{Zn(s)} \mid \text{Zn}^{2+}(\text{aq}) \parallel \text{Br}_2(\text{aq}) \mid \text{Br}^-(\text{aq})$



### Contoh 2.11

Tuliskanlah persamaan reaksi redoks di anode dan di katode dari diagram sel berikut.

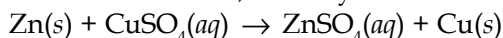
- $\text{Ni(s)} \mid \text{Ni}^{2+}(\text{aq}) \parallel \text{Ag}^{+}(\text{aq}) \mid \text{Ag(s)}$
- $\text{Fe(s)} \mid \text{Fe}^{2+}(\text{aq}) \parallel \text{Au}^{3+}(\text{aq}) \mid \text{Au(s)}$

**Jawab**

- Anode (oksidasi) :  $\text{Ni(s)} \rightarrow \text{Ni}^{2+}(\text{aq}) + 2 \text{e}^{-}$   
Katode (reduksi) :  $\text{Ag}^{+}(\text{aq}) + \text{e}^{-} \rightarrow \text{Ag(s)}$
- Anode (oksidasi) :  $\text{Fe(s)} \rightarrow \text{Fe}^{2+}(\text{aq}) + 2 \text{e}^{-}$   
Katode (reduksi) :  $\text{Au}^{3+}(\text{aq}) + 3 \text{e}^{-} \rightarrow \text{Au(s)}$

#### a. Potensial Reduksi Standar

Reaksi redoks dalam sebuah sel, misalnya:



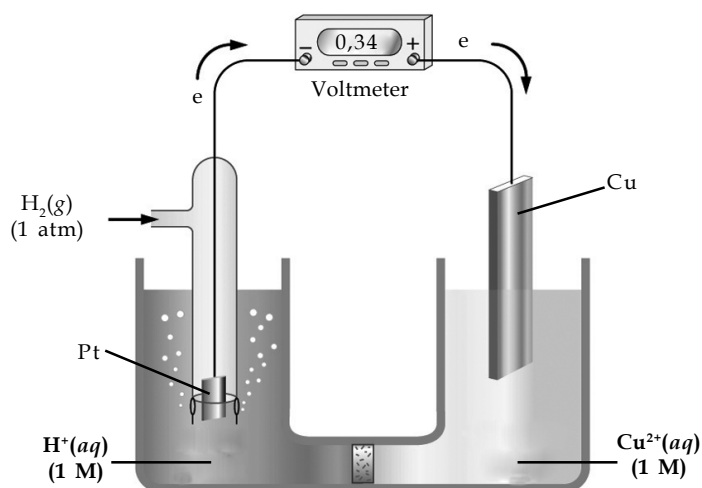
dapat berlangsung jika ada perbedaan potensial yang bernilai positif dari kedua elektrode yang digunakan.

Harga potensial mutlak suatu elektrode tidak dapat diukur. Oleh karena itu, ditetapkan suatu elektrode standar sebagai rujukan, yaitu elektrode hidrogen.

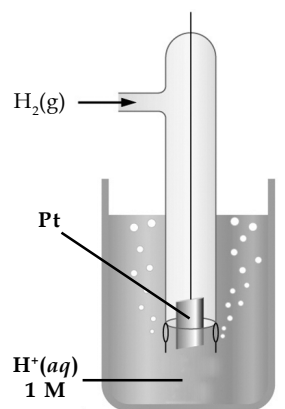
Elektrode hidrogen terdiri atas gas hidrogen murni yang tekanannya adalah 1 atm pada 25 °C. Gas tersebut dialirkan melalui sepotong platinum yang dicelupkan dalam larutan yang mengandung ion  $\text{H}^{+}$  dengan konsentrasi 1 M. Potensial elektrode standar ini ditetapkan memiliki harga potensial sama dengan nol volt. ( $E^{\circ} = 0$  volt)

#### b. Potensial Elektrode Positif

Elektrode yang lebih mudah tereduksi daripada elektrode hidrogen diberi harga potensial reduksi positif. Misalnya, sel Volta dengan elektrode hidrogen dan elektrode Cu dalam larutan  $\text{CuSO}_4$  memberikan harga potensial sebesar 0,34 volt.



Pada elektrode hidrogen terjadi reaksi oksidasi (karena elektron mengalir dari elektrode hidrogen ke elektrode Cu), sedangkan elektrode Cu mengalami reaksi reduksi.



**Gambar 2.1**

Elektrode hidrogen merupakan elektrode standar yang digunakan untuk mengukur harga potensial elektrode lainnya.

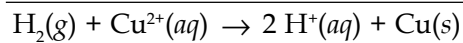
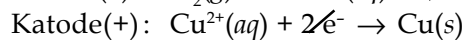
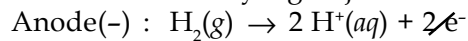
**Gambar 2.2**

Pengukuran harga potensial reduksi elektrode Cu



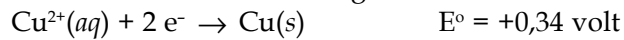


Persamaan reaksi yang terjadi:



Oleh karena elektrode Cu lebih mudah tereduksi daripada elektrode hidrogen maka potensial reduksi elektrode Cu diberi tanda positif. Harga potensial reduksi elektrode hidrogen 0 volt maka harga potensial sel adalah harga potensial reduksi Cu, yaitu +0,34 volt.

Reaksi reduksi ditulis sebagai berikut.

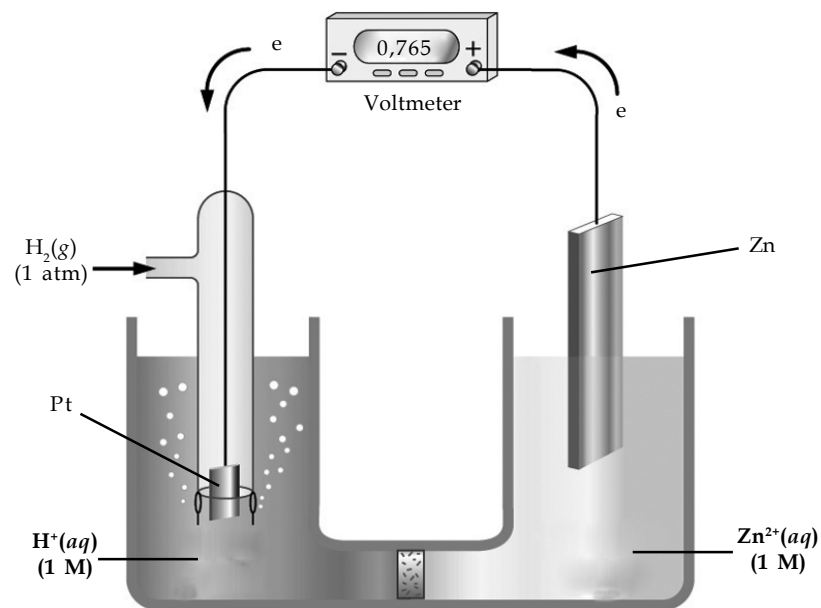


Keterangan:

$E^\circ$  = potensial reduksi standar.

### c. Potensial Elektrode Negatif

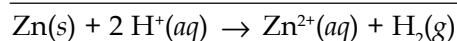
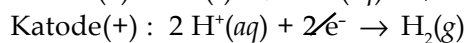
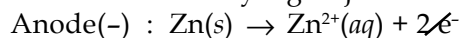
Elektrode yang lebih mudah teroksidasi daripada hidrogen diberi harga potensial reduksi negatif. Misalnya, sel Volta yang terdiri atas elektrode standar hidrogen dan elektrode seng yang dicelupkan dalam larutan  $\text{ZnSO}_4$  1 M, memberikan beda potensial sebesar 0,765 volt.



**Gambar 2.3**

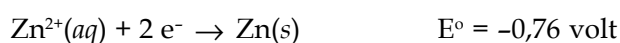
Pengukuran harga potensial reduksi elektrode Zn

Persamaan reaksi yang terjadi:



Pada sel ini, Zn lebih mudah teroksidasi daripada hidrogen. Oleh sebab itu, elektrode seng diberi tanda negatif. Karena harga potensial reduksi  $\text{H}_2$  sama dengan 0 volt maka potensial sel adalah potensial reduksi Zn yaitu -0,76 volt.

Reaksi reduksi ditulis:



Berdasarkan hasil eksperimen telah diperoleh harga potensial elektrode zat-zat pada suhu 25°C.



Berikut ini tabel harga potensial reduksi beberapa unsur.

**Tabel 2.2** Harga Potensial Reduksi Unsur-Unsur

Setengah Reaksi	E° (V)
$F_2(g) + 2 e^- \rightleftharpoons 2 F^-(aq)$	+2,87
$S_2O_8^{2-}(aq) + 2 e^- \rightleftharpoons 2 SO_4^{2-}(aq)$	+2,01
$PbO_2(s) + HSO_4^-(aq) + 3 H^+(aq) + 2 e^- \rightleftharpoons PbSO_4(s) + 2 H_2O$	+1,69
$2 HOCl(aq) + 2 H^+(aq) + 2 e^- \rightleftharpoons Cl_2(g) + 2 H_2O$	+1,63
$MnO_4^-(aq) + 8 H^+(aq) + 5 e^- \rightleftharpoons Mn^{2+}(aq) + 4 H_2O$	+1,51
$PbO_2(s) + 4 H^+(aq) + 2 e^- \rightleftharpoons Pb^{2+}(aq) + 2 H_2O$	+1,46
$BrO_3^-(aq) + 6 H^+(aq) + 6 e^- \rightleftharpoons Br^-(aq) + 3 H_2O$	+1,44
$Au^{3+}(aq) + 3 e^- \rightleftharpoons Au(s)$	+1,42
$Cl_2(g) + 2 e^- \rightleftharpoons 2 Cl^-(aq)$	+1,36
$O_2(g) + 4 H^+(aq) + 4 e^- \rightleftharpoons 2 H_2O$	+1,23
$Br_2(aq) + 2 e^- \rightleftharpoons 2 Br^-(aq)$	+1,07
$NO_3^-(aq) + 4 H^+(aq) + 3 e^- \rightleftharpoons NO(g) + 2 H_2O$	+0,96
$Ag^+(aq) + e^- \rightleftharpoons Ag(s)$	+0,80
$Fe^{3+}(aq) + e^- \rightleftharpoons Fe^{2+}(aq)$	+0,77
$I_2(s) + 2 e^- \rightleftharpoons 2 I^-(aq)$	+0,54
$NiO_2(s) + 2 H_2O + 2 e^- \rightleftharpoons Ni(OH)_2(s) + 2 OH^-(aq)$	+0,49
$Cu^{2+}(aq) + 2 e^- \rightleftharpoons Cu(s)$	+0,34
$SO_4^{2-}(aq) + 4 H^+(aq) + 2 e^- \rightleftharpoons Ni(OH)_2(s) + 2 OH^-(aq)$	+0,17
$AgBr(s) + e^- \rightleftharpoons Ag(s) + Br^-(aq)$	+0,07
$2 H^+(aq) + 2 e^- \rightleftharpoons H_2(g)$	0
$Sn^{2+}(aq) + 2 e^- \rightleftharpoons Sn(s)$	-0,14
$Ni^{2+}(aq) + 2 e^- \rightleftharpoons Ni(s)$	-0,25
$Co^{2+}(aq) + 2 e^- \rightleftharpoons Co(s)$	-0,28
$PbSO_4(s) + H^+(aq) + 2 e^- \rightleftharpoons Pb(s) + HSO_4^-(aq)$	-0,36
$Cd^{2+}(aq) + 2 e^- \rightleftharpoons Cd(s)$	-0,40
$Fe^{2+}(aq) + 2 e^- \rightleftharpoons Fe(s)$	-0,44
$Cr^{2+}(aq) + 3 e^- \rightleftharpoons Cr(s)$	-0,74
$Zn^{2+}(aq) + 2 e^- \rightleftharpoons Zn(s)$	-0,76
$2 H_2O + 2 e^- \rightleftharpoons H_2(g) + 2 OH^-(aq)$	-0,83
$Al^{3+}(aq) + 3 e^- \rightleftharpoons Al(s)$	-1,66
$Mg^{2+}(aq) + 2 e^- \rightleftharpoons Mg(s)$	-2,37
$Na^+(aq) + e^- \rightleftharpoons Na(s)$	-2,71
$Ca^{2+}(aq) + 2 e^- \rightleftharpoons Ca(s)$	-2,76
$K^+(aq) + e^- \rightleftharpoons K(s)$	-2,92
$Li^+(aq) + e^- \rightleftharpoons Li(s)$	-3,05

Sumber: Chemistry (McMurry), 2001

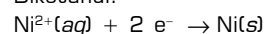
#### d. Reaksi Sel dan Potensial Sel

Reaksi sel adalah jumlah aljabar dari reaksi-reaksi yang terjadi pada elektrode-elektrode. Misalnya, untuk reaksi dengan diagram sel sebagai berikut.

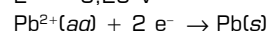


### Kupas Tuntas

Diketahui:



$$E^\circ = -0,25 \text{ V}$$



$$E^\circ = -0,13 \text{ V}$$

Potensial standar sel Volta yang terdiri atas elektrode Ni dan Pb adalah ....

- A. -0,38 V
- B. -0,12 V
- C. +0,12 V
- D. +0,25 V
- E. +0,38 V

#### Pembahasan

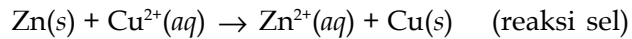
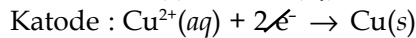
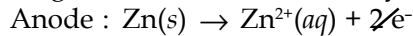
$$\begin{aligned} E^\circ_{\text{Sel}} &= E^\circ_{\text{Katode}} - E^\circ_{\text{anode}} \\ &= (-0,13 \text{ V}) - (-0,25 \text{ V}) \\ &= -0,13 \text{ V} + 0,25 \text{ V} \\ &= +0,12 \text{ V} \end{aligned}$$

Jadi, potensial standar sel Volta tersebut adalah (C) +0,12 V.

UMPTN 1999



Setengah reaksi dari reaksi selnya sebagai berikut.



Potensial sel merupakan jumlah aljabar dari potensial oksidasi dan potensial reduksi. Jika yang digunakan adalah elektrode-elektrode standar maka potensial sel itu ditandai dengan  $E^{\circ}$  sel. Potensial standar untuk sel tersebut sebagai berikut.

$$E^{\circ}_{\text{sel}} = E^{\circ}_{\text{oksidasi}} + E^{\circ}_{\text{reduksi}}$$

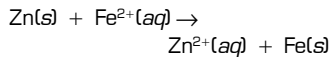
Oleh karena setengah reaksi oksidasi memiliki tanda yang berlawanan, persamaan yang sering digunakan sebagai berikut.

$$\begin{aligned} E^{\circ}_{\text{sel}} &= E^{\circ}_{\text{reduksi}} - E^{\circ}_{\text{oksidasi}} \\ &= E^{\circ}_{\text{katode}} - E^{\circ}_{\text{anode}} \\ &= E^{\circ}_{\text{besar}} - E^{\circ}_{\text{kecil}} \end{aligned}$$

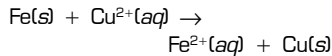
## Kupas

## Tuntas

Diketahui:

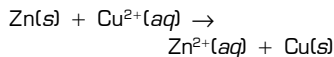


$$E^{\circ} = 0,32 \text{ volt}$$



$$E^{\circ} = 0,78 \text{ volt}$$

Potensial standar dari sel:

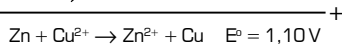
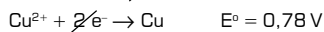
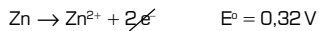


adalah ....

- A. -1,10 volt
- B. -0,46 volt
- C. -0,32 volt
- D. +0,46 volt
- E. +1,10 volt

### Pembahasan

Potensial standar dari sel:



atau:

$$E^{\circ}_{\text{sel}} = E^{\circ}_{\text{red}} - E^{\circ}_{\text{oks}}$$

$$E^{\circ}_{\text{sel}} = 0,78 - (-0,32)$$

$$= 0,78 + 0,32 = 1,10 \text{ V}$$

Jadi, potensial standar sel

tersebut adalah (E) +1,10 V.

UN 2004

## Contoh 2.12

Sebuah sel Volta menggunakan elektrode nikel dalam larutan  $\text{NiSO}_4$  dan elektrode Ag dalam larutan  $\text{Ag}_2\text{SO}_4$ . Tentukan potensial sel yang terjadi jika  $E^{\circ}_{\text{Ni}} -0,25$  volt dan  $E^{\circ}_{\text{Ag}} = +0,80$  volt. Tunjukkan mana yang bertindak sebagai katode dan anode dalam sel ini.

### Jawab

Oleh karena  $E^{\circ}_{\text{Ni}}$  lebih kecil daripada  $E^{\circ}_{\text{Ag}}$  maka Ni lebih mudah teroksidasi dibandingkan Ag.

$$\begin{aligned} E^{\circ}_{\text{sel}} &= E^{\circ}_{\text{reduksi}} - E^{\circ}_{\text{oksidasi}} \\ &= E^{\circ}_{\text{Ag}} - E^{\circ}_{\text{Ni}} \\ &= +0,80 \text{ V} - (-0,25 \text{ V}) \\ &= +1,05 \text{ V} \end{aligned}$$

Jadi, Ni sebagai anode dan Ag sebagai katode dengan potensial sel +1,05 V.

## e. Prinsip-Prinsip Sel Volta dalam Kehidupan Sehari-hari

Sel Volta dapat dibedakan menjadi sel Volta primer, sekunder, dan sel bahan bakar. Sel primer adalah sel yang dibentuk dari katode dan anode yang langsung setimbang ketika menghasilkan arus. Sel sekunder adalah sel yang dapat diperbarui dengan cara mengembalikan elektrodanya ke kondisi awal. Adapun sel bahan bakar adalah sebuah sel yang secara bertahap menghabiskan pereaksi yang disuplai ke elektrode-elektrode dan secara bertahap pula membuang produk-produknya. Tipe-tipe sel Volta beserta contohnya dijelaskan pada uraian berikut.

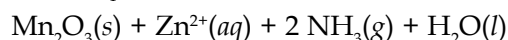
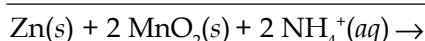
### 1) Sel Volta primer

Sel kering *Leclanche* merupakan contoh sel Volta primer. Sel kering atau baterai kering terdiri atas wadah yang terbuat dari seng dan bertindak sebagai anode serta batang karbon sebagai katode. Elektrolit sel ini adalah campuran  $\text{MnO}_2$ ,  $\text{NH}_4\text{Cl}$ , sedikit air, dan kadang-kadang ditambahkan  $\text{ZnCl}_2$  dalam bentuk pasta.

Reaksi yang terjadi pada sel

Anode :  $\text{Zn(s)} \rightarrow \text{Zn}^{2+}(\text{aq}) + 2\text{e}^-$

Katode :  $2 \text{MnO}_2(\text{s}) + 2 \text{NH}_4^+(\text{aq}) + 2\text{e}^- \rightarrow \text{Mn}_2\text{O}_3(\text{s}) + 2 \text{NH}_3(\text{g}) + \text{H}_2\text{O}(\text{l})$



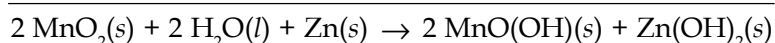
Cara kerja sel kering:

- Elektrode Zn teroksidasi menjadi ion  $\text{Zn}^{2+}$   
 $\text{Zn} \rightarrow \text{Zn}^{2+} + 2\text{e}^-$
- Elektron yang dilepaskan mengalir melalui kawat penghantar menuju elektrode karbon.
- Elektron-elektron pada elektrode karbon mereduksi  $\text{MnO}_2$  dan  $\text{NH}_4^+$  menjadi  $\text{Mn}_2\text{O}_3$  dan  $\text{NH}_3$ .

Sel yang sering digunakan sebagai ganti sel kering *Lechlanche* adalah baterai alkalin. Baterai ini terdiri atas anode seng dan katode mangan dioksida serta elektrolit kalium hidroksida. Reaksi yang berlangsung, yaitu:

Anode :  $\text{Zn(s)} + 2 \text{OH}^-(\text{aq}) \rightarrow \text{Zn(OH)}_2(\text{s}) + 2\text{e}^-$

Katode :  $2 \text{MnO}_2(\text{s}) + 2 \text{H}_2\text{O}(\text{l}) + 2\text{e}^- \rightarrow 2 \text{MnO(OH)}(\text{s}) + 2 \text{OH}^-(\text{aq})$



Baterai alkalin ini dapat menghasilkan energi dua kali energi total *Lechlanche* dengan ukuran yang sama.

## 2) Sel Volta sekunder

Sel aki (*Accumulator*) merupakan contoh sel Volta sekunder. Sel aki terdiri atas elektrode Pb (anode) dan  $\text{PbO}_2$  (katode). Keduanya dicelupkan dalam larutan  $\text{H}_2\text{SO}_4$  30%.

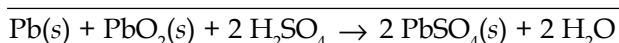
Cara kerja sel aki:

- Elektrode Pb teroksidasi menjadi  $\text{Pb}^{2+}$   
 $\text{Pb(s)} \rightarrow \text{Pb}^{2+}(\text{aq}) + 2\text{e}^-$   
 $\text{Pb}^{2+}$  yang terbentuk berikatan dengan  $\text{SO}_4^{2-}$  dari larutan.  
 $\text{Pb}^{2+}(\text{aq}) + \text{SO}_4^{2-}(\text{aq}) \rightarrow \text{PbSO}_4(\text{s})$
- Elektron yang dibebaskan mengalir melalui kawat penghantar menuju elektrode  $\text{PbO}_2$ .
- Pada elektrode  $\text{PbO}_2$  elektron-elektron dari anode Pb akan mereduksi  $\text{PbO}_2$  menjadi  $\text{Pb}^{2+}$  yang kemudian berikatan dengan  $\text{SO}_4^{2-}$  dari larutan.  
 $\text{PbO}_2(\text{s}) + 4 \text{H}^+(\text{aq}) + 2\text{e}^- \rightarrow \text{Pb}^{2+}(\text{aq}) + 2 \text{H}_2\text{O}(\text{l})$   
 $\text{Pb}^{2+}(\text{aq}) + \text{SO}_4^{2-}(\text{aq}) \rightarrow \text{PbSO}_4(\text{s})$

Reaksi yang terjadi pada sel aki dapat ditulis sebagai berikut.

Anode :  $\text{Pb(s)} + \text{SO}_4^{2-}(\text{aq}) \rightarrow \text{PbSO}_4(\text{s}) + 2\text{e}^-$

Katode:  $\text{PbO}_2(\text{s}) + \text{H}_2\text{SO}_4(\text{aq}) + 2 \text{H}^+ + 2\text{e}^- \rightarrow \text{PbSO}_4(\text{s}) + 2 \text{H}_2\text{O}(\text{l})$

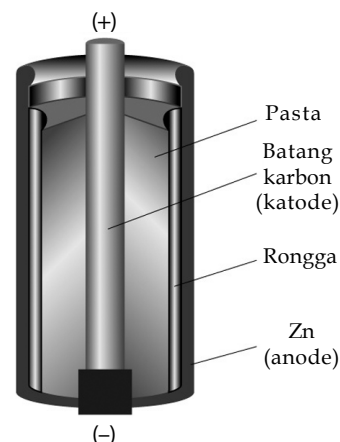


Pada reaksi pemakaian sel aki, molekul-molekul  $\text{H}_2\text{SO}_4$  diubah menjadi  $\text{PbSO}_4$  dan  $\text{H}_2\text{O}$  sehingga konsentrasi  $\text{H}_2\text{SO}_4$  dalam larutan semakin berkurang. Oleh karena itu, daya listrik dari aki terus berkurang dan perlu diisi kembali.

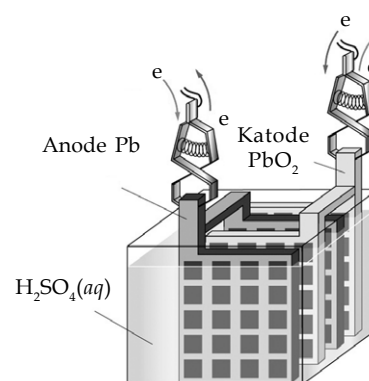
## 3) Sel bahan bakar

Sel hidrogen-oksigen termasuk jenis sel bahan bakar yang terus-menerus dapat berfungsi selama bahan-bahan secara tetap dialirkan ke dalamnya. Sel ini digunakan pada pesawat ruang angkasa.

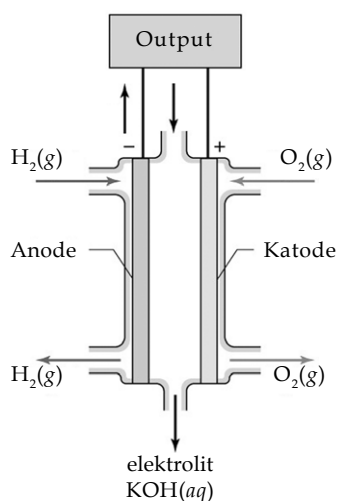
Sel hidrogen-oksigen terdiri atas anode dari lempeng nikel berpori yang dialiri gas hidrogen dan katode dari lempeng nikel oksida berpori yang dialiri gas oksigen. Elektrolitnya adalah larutan KOH pekat.



**Gambar 2.4**  
Penyusun sel kering



**Gambar 2.5**  
Sel aki (*accumulator*) merupakan contoh sel Volta sekunder



**Gambar 2.6**

Sel hidrogen-oksigen termasuk jenis sel bahan bakar.

- Cara kerja sel ini adalah
- Gas hidrogen yang dialirkan pada pelat nikel berpori teroksidasi membentuk  $\text{H}_2\text{O}$ .  

$$2 \text{H}_2 + 4 \text{OH}^- \rightarrow 4 \text{H}_2\text{O} + 4 \text{e}^-$$
  - Elektron yang dibebaskan bergerak melalui kawat penghantar menuju elektrode nikel oksida.
  - Pada elektrode nikel oksida elektron mereduksi  $\text{O}_2$  menjadi  $\text{OH}^-$ .  

$$\text{O}_2 + 2 \text{H}_2\text{O} + 4 \text{e}^- \rightarrow 4 \text{OH}^-$$
- Reaksi yang terjadi pada sel ini sebagai berikut.
- Anode :  $2 \text{H}_2(\text{g}) + 4 \text{OH}^-(\text{aq}) \rightarrow 4 \text{H}_2\text{O}(\text{l}) + 4 \text{e}^-$
- Katode :  $\text{O}_2(\text{g}) + 2 \text{H}_2\text{O}(\text{l}) + 4 \text{e}^- \rightarrow 4 \text{OH}^-(\text{aq})$
- $$2 \text{H}_2(\text{g}) + \text{O}_2(\text{g}) \rightarrow 2 \text{H}_2\text{O}(\text{l})$$

Biasanya pada sel ini digunakan platina atau senyawa paladium sebagai katalis.

## Buktikanlah oleh Anda

Untuk membersihkan cincin atau peralatan yang terbuat dari perak biasanya digunakan larutan pembersih yang harganya mahal. Namun, penggunaan larutan pembersih tersebut dapat mengikis logam perak itu sendiri. Sebenarnya, proses pembersihan tersebut dapat dilakukan dengan cara yang lebih ekonomis tanpa mengikis logam peraknya. Buktikan oleh Anda dengan melakukan kegiatan berikut.



Sumber: Chemistry: Matter and Its Changes, 2002

Siapkan bak kecil yang dasarnya telah dilapisi aluminium foil, kemudian tambahkan detergen dan air hangat. Masukkan cincin atau peralatan perak yang kotor ke dalam bak tersebut. Setelah beberapa saat, angkat cincin atau peralatan perak tersebut.

Kerjakanlah secara berkelompok dan presentasikan hasil yang diperoleh di depan kelas.

## 2. Sel Elektrolisis

Pada subbab ini, kita akan mempelajari proses kebalikan dari sel Volta, yaitu perubahan energi listrik menjadi energi kimia. Apabila arus listrik searah dialirkan ke dalam larutan elektrolit melalui elektrode maka larutan elektrolit tersebut akan terurai. Peristiwa penguraian elektrolit oleh arus searah inilah yang disebut **elektrolisis**. Sel tempat terjadinya elektrolisis disebut sel elektrolisis. Untuk lebih memahami sel elektrolisis, lakukanlah kegiatan berikut.

## Kata Kunci

Sel elektrolisis

## Selidikilah 2.4

### Elektrolisis

#### Tujuan

Mengamati peristiwa elektrolisis

#### Alat dan Bahan

1. Sumber arus searah (baterai/aki)
2. Pelat tembaga
3. Larutan  $\text{CuSO}_4$

#### Langkah Kerja

1. Timbang dan bersihkan pelat tembaga.
2. Susunlah alat seperti pada **Gambar 2.7**.
3. Lakukan percobaan hingga terlihat ada perubahan.
4. Catat perubahan yang terjadi.
5. Timbang kembali pelat tembaga.

Jawablah pertanyaan berikut untuk menarik kesimpulan.

1. Elektrode manakah yang berperan sebagai katode dan mana sebagai anode?
2. Bagaimanakah arah aliran elektron?
3. Bagaimanakah reaksi redoks yang terjadi?
4. Mengapa di katode dan di anode terjadi perubahan?

Kerjakanlah secara berkelompok dan diskusikanlah hasil yang Anda peroleh.

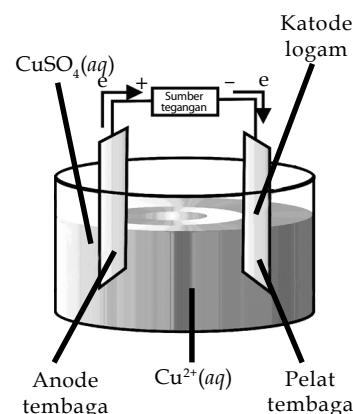
Bandungkanlah kesimpulan yang Anda peroleh dengan penjelasan berikut.

Berbeda dengan reaksi yang terjadi pada sel Volta, pada sel elektrolisis reaksi mulai terjadi pada katode, yaitu tempat arus masuk (pada sel Volta reaksi dimulai pada anode, yaitu tempat arus keluar).

#### a. Reaksi pada Katode

Pada katode terjadi reaksi ion-ion positif (kation) mengikat elektron-elektron yang berasal dari sumber arus. Zat yang terbentuk dari hasil reaksi ini akan melekat pada batang katode, kecuali jika zat yang dihasilkan berbentuk gas. Apabila zat hasil reaksi berfase gas maka akan keluar sebagai gelembung-gelembung gas di sekitar batang katode yang selanjutnya akan bergerak ke permukaan sel elektrolisis. Dalam larutan, ion positif menuju ke katode dan ion negatif ke anode.

1. Ion hidrogen ( $\text{H}^+$ )  
Ion hidrogen direduksi menjadi molekul gas hidrogen.  
Reaksi:  $2 \text{H}^+(\text{aq}) + 2 \text{e}^- \rightarrow \text{H}_2(\text{g})$
2. Ion-ion logam
  - a. Ion-ion logam alkali/alkali tanah, seperti  $\text{Li}^+$ ,  $\text{K}^+$ ,  $\text{Na}^+$ ,  $\text{Ba}^{2+}$ ,  $\text{Sr}^{2+}$ , dan  $\text{Ca}^{2+}$  tidak mengalami reduksi karena  $E^\circ \text{ logam} < E^\circ \text{ air}$  maka air sebagai penggantinya yang akan mengalami reduksi.  
Reaksi:  $\text{H}_2\text{O}(\text{l}) + 2 \text{e}^- \rightarrow \text{H}_2(\text{g}) + 2 \text{OH}^-(\text{aq})$
  - b. Ion-ion logam selain alkali/alkali tanah, seperti  $\text{Ni}^{2+}$ ,  $\text{Cu}^{2+}$ , dan  $\text{Zn}^{2+}$  akan mengalami reduksi menjadi logam.  
 $\text{M}^{n+} + n \text{e}^- \rightarrow \text{M}$   
Contoh:  $\text{Cu}^{2+}(\text{aq}) + 2 \text{e}^- \rightarrow \text{Cu}(\text{s})$   
 $\text{Ni}^{2+}(\text{aq}) + 2 \text{e}^- \rightarrow \text{Ni}(\text{s})$



**Gambar 2.7**

Skema alat elektrolisis

### Legenda

#### Kimia



#### Humphry Davy (1778–1829)

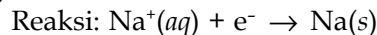
adalah seorang perintis elektrolisis. Dia mulai mempelajari elektrokimia segera setelah diperkenalkan-nya sel Volta. Dia berhasil mengekstraksi logam natrium dan kalium dari hidroksidanya. Dia juga memisahkan logam-logam lain, seperti stronsium melalui elektrolisis.

Sumber: dbhs.wvusd.k12.ca





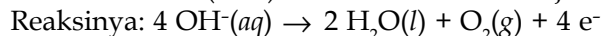
Akan tetapi, apabila leburan garam yang dielektrolisis maka ion logam penyusun garam tersebut akan direduksi menjadi logam. Contohnya,  $\text{NaCl}(l)$ ,  $\text{Na}^+$  akan menjadi Na.



## b. Reaksi pada Anode

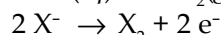
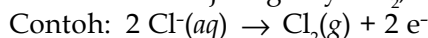
Pada anode terjadi reaksi oksidasi, ion-ion negatif akan ditarik oleh anode. Reaksi yang terjadi pada anode sangat dipengaruhi oleh jenis anion dan jenis elektrode yang digunakan. Jika anode terbuat dari elektrode *inert* (elektrode yang tidak ikut bereaksi), seperti Pt, C, dan Au maka ion negatif atau air akan teroksidasi.

1. Ion hidroksida ( $\text{OH}^-$ ) akan teroksidasi menjadi  $\text{H}_2\text{O}$  dan  $\text{O}_2$ .

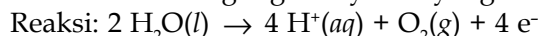


2. Ion sisa asam

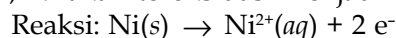
a. Ion sisa asam yang tidak beroksigen, seperti  $\text{Cl}^-$ ,  $\text{Br}^-$ ,  $\text{I}^-$  akan teroksidasi menjadi gasnya  $\text{Cl}_2$ ,  $\text{Br}_2$ ,  $\text{I}_2$ .



b. Ion sisa asam yang beroksigen, seperti  $\text{SO}_4^{2-}$ ,  $\text{NO}_3^-$ ,  $\text{PO}_4^{3-}$  tidak teroksidasi. Sebagai gantinya air yang teroksidasi.



Jika anodenya terbuat dari logam lain (bukan Pt, C, atau Au) maka anode akan mengalami oksidasi menjadi ionnya. Contohnya, jika anode terbuat dari Ni, Ni akan teroksidasi menjadi  $\text{Ni}^{2+}$ .



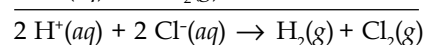
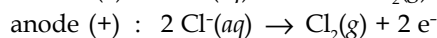
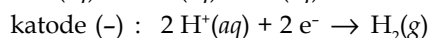
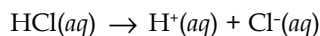
## Contoh 2.13

Tentukan reaksi yang terjadi di anode dan di katode pada elektrolisis berikut.

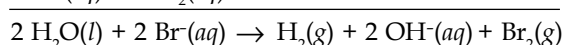
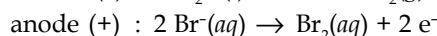
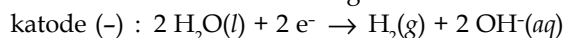
1. Elektrolisis larutan HCl dengan elektrode Pt.
2. Elektrolisis larutan NaBr dengan elektrode C.
3. Elektrolisis larutan  $\text{CuSO}_4$  dengan elektrode C.
4. Elektrolisis larutan  $\text{KNO}_3$  dengan elektrode Pt.

### Jawab

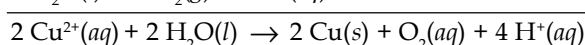
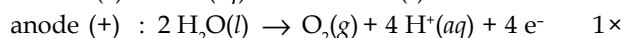
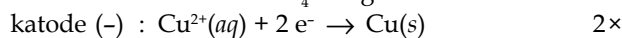
1. Elektrolisis larutan HCl dengan elektrode Pt



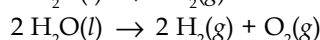
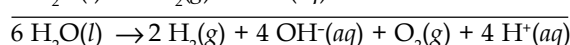
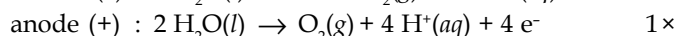
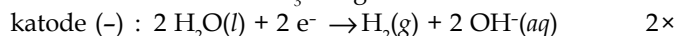
2. Elektrolisis larutan NaBr dengan elektrode C



3. Elektrolisis larutan  $\text{CuSO}_4$  dengan elektrode C



4. Elektrolisis larutan  $\text{KNO}_3$  dengan elektrode Pt



## Kupas

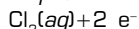
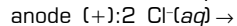
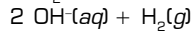
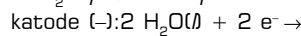
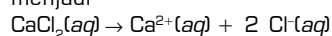
## Tuntas

Larutan  $\text{CaCl}_2$  dengan elektrode karbon, di ruang katode terjadi reaksi ....

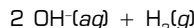
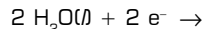
- A.  $2 \text{Cl}^-(aq) \rightarrow \text{Cl}_2(g) + 2 e^-$
- B.  $2 e^- + \text{Ca}^{2+}(aq) \rightarrow \text{Ca}(s)$
- C.  $2 \text{H}_2\text{O}(l) + 2 e^- \rightarrow 2 \text{OH}^-(aq) + \text{H}_2(g)$
- D.  $2 \text{Ca}(s) \rightarrow \text{Ca}^{2+}(aq) + 2 e^-$
- E.  $2 \text{H}_2\text{O}(l) \rightarrow 4 \text{H}^+(aq) + \text{O}_2(g) + 4 e^-$

### Pembahasan

Elektrolisis larutan  $\text{CaCl}_2$  dengan elektrode karbon di ruang katode, terjadi reaksi karena larutan akan terurai menjadi

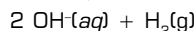
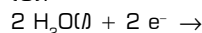


Pada katode dihasilkan



yang direduksi bukan airnya karena potensial reduksi air lebih besar dari  $\text{Ca}^{2+}$ .

Jadi, reaksi yang terjadi adalah (C).



SPMB 2004



### c. Stoikiometri dalam Elektrolisis

Dalam sel elektrolisis, jumlah zat (massa) yang diendapkan atau yang melarut pada elektrode berbanding lurus dengan jumlah arus yang melewati elektrolit (Hukum I Faraday).

$$w = \frac{eit}{F}$$

atau

$$w = \frac{eit}{96.500}$$

Keterangan:

$w$  = massa zat (g)

$e$  = massa ekuivalen atau  $\frac{M_r}{\text{valensi}}$

$i$  = kuat arus (A)

$t$  = waktu (s)

$F$  = tetapan Faraday = 96.500 coulomb

$1 F = 1 \text{ mol elektron}$

Untuk 2 elektrolit atau lebih yang dielektrolisis dengan jumlah arus yang sama berlaku Hukum II Faraday.

**Jika arus dialirkan ke dalam beberapa sel elektrolisis maka jumlah zat yang dihasilkan pada masing-masing elektrodanya sebanding dengan massa ekuivalen masing-masing zat tersebut.**

$$\frac{w_A}{w_B} = \frac{e_A}{e_B}$$

Keterangan:

$w_A$  = massa zat A

$w_B$  = massa zat B

$e_A$  = massa ekuivalen zat A

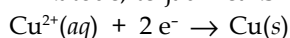
$e_B$  = massa ekuivalen zat B

### Contoh 2.14

Berapakah massa tembaga yang diendapkan di katode pada elektrolisis larutan  $\text{CuSO}_4$  dengan menggunakan arus 2 A selama 20 menit. ( $A_r \text{ Cu} = 63,5 \text{ g/mol}$ )

**Jawab**

Di katode, terjadi reaksi reduksi  $\text{Cu}^{2+}$  menjadi Cu:



$t = 20 \text{ menit} = 1.200 \text{ s}$

$$w = \frac{eit}{F}$$

$$= \frac{\frac{63,5 \text{ g/mol}}{2} \times 2 \text{ A} \times 1.200 \text{ s}}{96.500 \text{ coulomb}}$$

$$= 0,79 \text{ g}$$

Jadi, massa tembaga yang diendapkan pada katode adalah **0,79 g**.

### Anda Harus

#### Ingat

Hukum I Faraday menyatakan bahwa jumlah zat (gram) yang diendapkan atau yang melarut pada elektrode berbanding lurus dengan jumlah arus yang melewati elektrolit.

#### You Must Remember

*1<sup>st</sup> Faraday Law states that amount of saturated or dissolved compound in electrode is straight forward with the current amount that pass through the electrolyte.*

### Kata Kunci

Hukum Faraday

### Contoh 2.15

Jika 2 buah sel elektrolisis yang masing-masing mengandung elektrolit  $\text{AgNO}_3$  dan  $\text{CuSO}_4$  disusun seri dengan menggunakan arus yang sama, dihasilkan 2,5 g Ag. Berapakah massa Cu yang diperoleh? ( $A_r \text{ Cu} = 63,5 \text{ g/mol}$ ,  $A_r \text{ Ag} = 108 \text{ g/mol}$ )

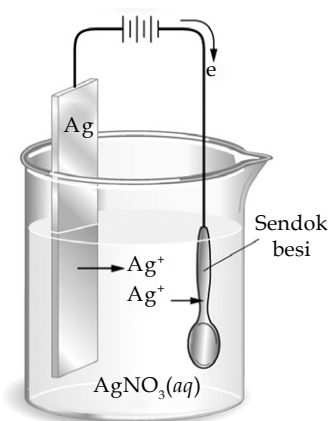
**Jawab**

$$\frac{w_{\text{Cu}}}{w_{\text{Ag}}} = \frac{e_{\text{Cu}}}{e_{\text{Ag}}}$$

$$w_{\text{Cu}} = \frac{w_{\text{Ag}} \times e_{\text{Cu}}}{e_{\text{Ag}}}$$

$$w_{\text{Cu}} = \frac{2,5 \times \frac{63,5}{2}}{108}$$
$$= 0,73 \text{ g}$$

Jadi, massa Cu yang diendapkan pada katode adalah **0,73 g**.



**Gambar 2.8**

Penyepuhan perak pada sendok besi

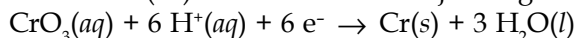
#### d. Kegunaan Sel Elektrolisis

##### 1) Penyepuhan logam

Penyepuhan logam bertujuan melapisi logam dengan logam lain agar tidak mudah berkarat. Contohnya, penyepuhan perak yang biasa dilakukan pada peralatan rumah tangga, seperti sendok, garpu, dan pisau.

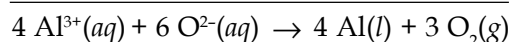
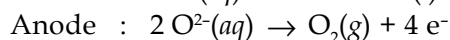
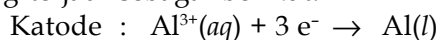
Pada penyepuhan perak, logam perak bertindak sebagai katode dan sendok besi bertindak sebagai anode.

Contoh lainnya adalah pada kendaraan bermotor, biasanya mesin kendaraan bermotor yang terbuat dari baja dilapisi dengan kromium. Proses pelapisan kromium dilakukan dengan elektrolisis, larutan elektrolit disiapkan dengan cara melarutkan  $\text{CrO}_3$  dengan asam sulfat encer. Kromium(VI) akan tereduksi menjadi kromium(III) lalu tereduksi menjadi logam Cr.



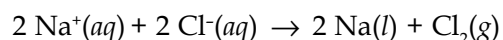
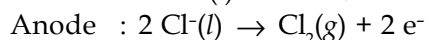
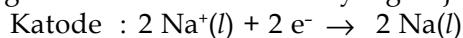
##### 2) Produksi aluminium

Aluminium diperoleh dengan cara elektrolisis bijih aluminium. Reaksi yang terjadi sebagai berikut.



##### 3) Produksi natrium

Natrium diperoleh dengan cara elektrolisis lelehan  $\text{NaCl}$  yang dikenal dengan **Proses Down**. Reaksi yang terjadi sebagai berikut.



## Soal Penguasaan Materi 2.2

Kerjakanlah di dalam buku latihan Anda.

- Sel Volta yang dibuat di anode dan katode dalam tempat terpisah harus menggunakan jembatan garam. Apakah fungsi jembatan garam?
- Tuliskanlah diagram sel dari reaksi redoks berikut.
  - Anode:  $\text{Zn(s)} \rightarrow \text{Zn}^{2+}(\text{aq}) + 2\text{e}^-$   
Katode:  $\text{Cu}^{2+}(\text{aq}) + 2\text{e}^- \rightarrow \text{Cu(s)}$
  - Anode:  $\text{Sn(s)} \rightarrow \text{Sn}^{2+}(\text{aq}) + 2\text{e}^-$   
Katode:  $\text{Ag}^+(\text{aq}) + \text{e}^- \rightarrow \text{Ag(s)}$
- Tuliskanlah reaksi redoks di anode dan di katode dari diagram sel berikut.
  - $\text{Al(s)} \mid \text{Al}^{3+}(\text{aq}) \parallel \text{Ni}^{2+}(\text{aq}) \mid \text{Ni(s)}$
  - $\text{K(s)} \mid \text{K}^+(\text{aq}) \parallel \text{Co}^{2+}(\text{aq}) \mid \text{Co(s)}$
- Jika diketahui:
  - $\text{Ni}^{2+}(\text{aq}) + 2\text{e}^- \rightarrow \text{Ni(s)} \quad E^0 = -0,25 \text{ volt}$   
 $\text{Al}^{3+}(\text{aq}) + 3\text{e}^- \rightarrow \text{Al(s)} \quad E^0 = -1,67 \text{ volt}$
  - $\text{Ag}^+(\text{aq}) + \text{e}^- \rightarrow \text{Ag(s)} \quad E^0 = +0,80 \text{ volt}$   
 $\text{Cu}^{2+}(\text{aq}) + 2\text{e}^- \rightarrow \text{Cu(s)} \quad E^0 = +0,34 \text{ volt}$
  - $\text{Sn}^{2+}(\text{aq}) + 2\text{e}^- \rightarrow \text{Sn(s)} \quad E^0 = -0,14 \text{ volt}$   
 $\text{Mg}^{2+}(\text{aq}) + 2\text{e}^- \rightarrow \text{Mg(s)} \quad E^0 = -2,36 \text{ volt}$Tuliskanlah reaksi redoks yang dapat terjadi dari pasangan-pasangan setengah reaksi tersebut dan tentukan masing-masing potensial selnya.
- Apakah yang dimaksud dengan elektrode?
- Berapakah massa perak yang diendapkan pada katode pada elektrolisis larutan  $\text{AgNO}_3$  dengan menggunakan arus 5 A selama 20 menit. ( $A_r \text{ Ag} = 108 \text{ g/mol}$ )

## C Korosi

Dalam kehidupan sehari-hari, Anda pasti pernah melihat besi yang berkarat. Apabila besi didiamkan pada udara yang lembap maka pada permukaan besi akan terbentuk karat. Untuk mengetahui proses korosi pada besi lakukanlah kegiatan berikut.

### Selidikilah 2.5

#### Korosi pada Besi

##### Tujuan

Mengamati korosi pada besi

##### Alat dan Bahan

- Paku besi (6 buah)
- Tabung reaksi (6 buah)
- Asam sulfat
- Air
- Plastik

##### Langkah Kerja

- Berilah tanda label A, B, C, D, E, dan F pada masing-masing tabung reaksi.
- Masukkan 6 buah paku besi ke dalam tabung reaksi yang telah diberi tanda label.
- Pada tabung reaksi A dan B diisi dengan asam sulfat, tabung reaksi C dan D diisi dengan air, dan untuk tabung reaksi E dan F hanya berisi paku besi.
- Tabung A, C, dan E ditutup dengan plastik.
- Amatilah perubahan yang terjadi selama beberapa hari.

Jawablah pertanyaan berikut untuk menarik kesimpulan.

- Manakah yang mengalami proses korosi lebih cepat?
- Reaksi apakah yang terjadi pada proses korosi?

Kerjakanlah secara berkelompok dan diskusikanlah hasil yang Anda peroleh.

## Fakta Kimia

### Proteksi Katodik

Untuk mencegah korosi pada pipa besi bawah tanah dilakukan dengan proses yang dinamakan proteksi katodik. Proteksi katodik dilakukan dengan cara melapisi besi dengan logam yang memiliki sifat pereduksi lebih kuat, seperti Zn dan Mg. Dalam hal ini, besi bertindak sebagai katode, sedangkan logam yang melapisinya merupakan anode. Reaksi korosi pada besi dapat dicegah karena reaksi oksidasi akan terjadi pada anode (logam pelapis).

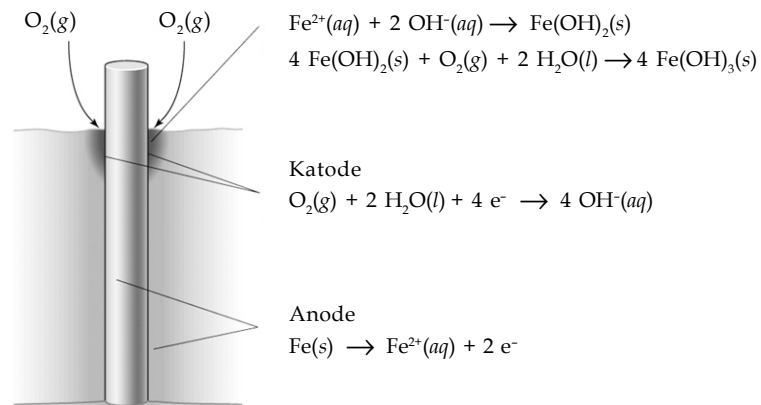
## Kata Kunci

- Korosi
- Pencegahan korosi

Bandingkanlah kesimpulan yang Anda peroleh dengan penjelasan berikut.

Masalah yang sering terjadi pada logam adalah korosi. Korosi disebabkan karena reaksi logam dengan oksigen dan air. Contohnya korosi pada besi.

Perhatikanlah **Gambar 2.9**, Pada proses korosi, besi bertindak sebagai anode yang akan mengalami reaksi oksidasi membentuk  $\text{Fe}^{2+}$ , sedangkan  $\text{O}_2$  mengalami reduksi menjadi  $\text{OH}^-$ , gabungan  $\text{Fe}^{2+}$  dan  $\text{OH}^-$  membentuk karat.



**Gambar 2.9**  
Reaksi korosi pada besi

Proses korosi dapat dicegah melalui:

1. Perlindungan pada permukaan, contohnya dengan cat.
2. Perlindungan elektrokimia dengan menggunakan logam lain (proteksi katodik).
3. Pembentukan aloi.

Aloi adalah campuran logam dengan logam lain sehingga menghasilkan campuran logam yang lebih kuat dan tahan karat. Contohnya, campuran Ni dengan Cr.

## Soal Penguasaan Materi 2.3

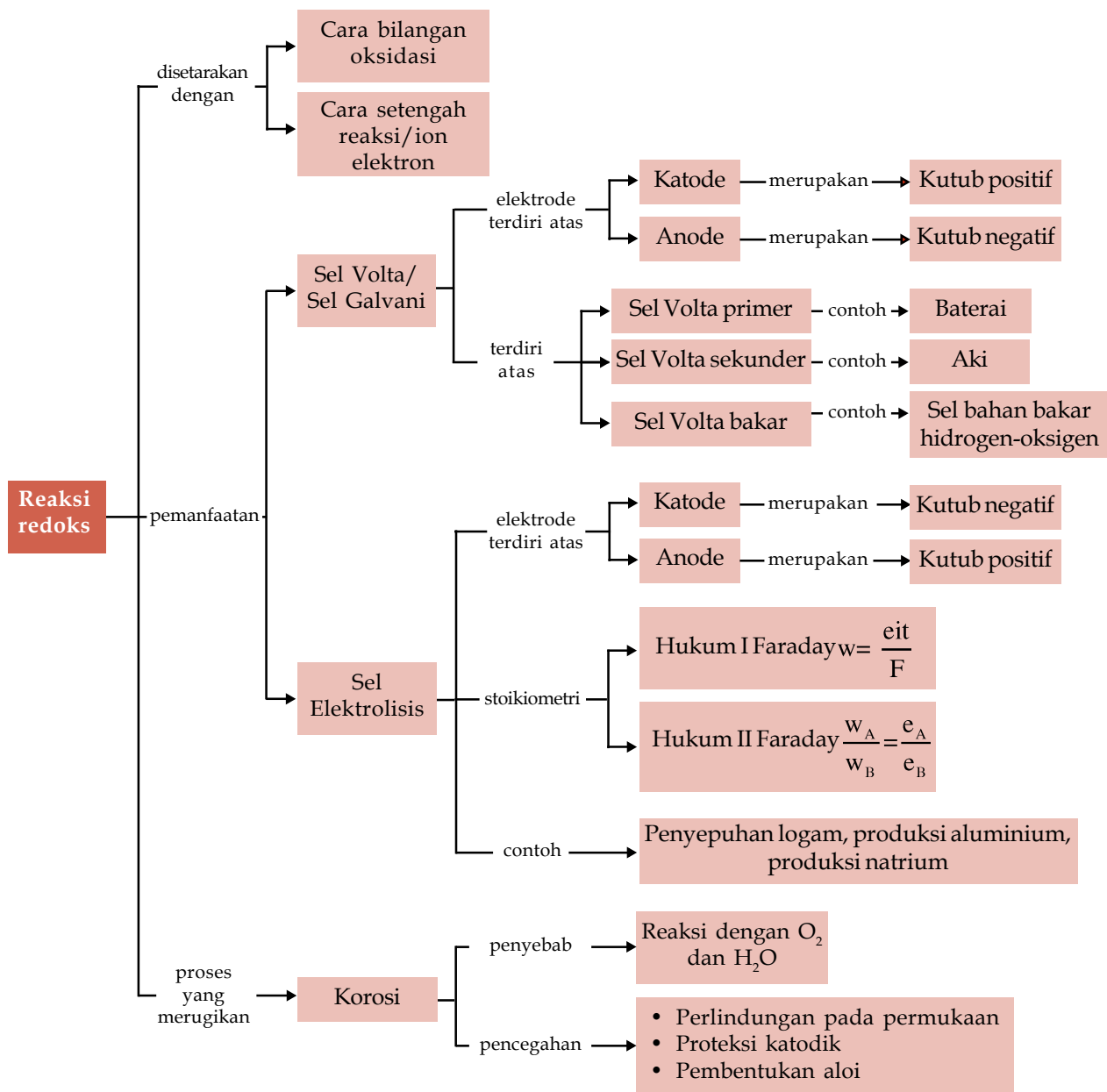
Kerjakanlah di dalam buku latihan Anda.

1. Jelaskanlah terjadinya korosi pada besi dan bagaimanakah cara pencegahannya?
2. Tuliskanlah reaksi korosi pada besi.

## Rangkuman

1. Reaksi redoks merupakan reaksi yang berlangsung pada proses elektrokimia, yaitu proses kimia yang menghasilkan arus listrik dan proses kimia yang menggunakan arus listrik. Reaksi redoks disetarakan dengan dua cara, yaitu
  - a. cara bilangan oksidasi;
  - b. cara setengah reaksi/ion elektron.
2. Sel elektrokimia, terjadi perubahan energi kimia menjadi energi listrik atau sebaliknya. Sel elektrokimia terdiri atas sel Volta dan sel elektrolisis.
  - a. Sel Volta
    - 1) Katode mengalami reduksi, anode mengalami oksidasi.
    - 2) Energi kimia diubah menjadi energi listrik.
    - 3) Katode adalah kutub negatif.
    - 4) Anode adalah kutub positif.
    - 5) Reaksi spontan.
  - b. Sel Elektrolisis
    - 1) Katode mengalami reduksi, anode mengalami oksidasi.
    - 2) Energi listrik diubah menjadi energi kimia.
    - 3) Katode adalah kutub positif.
    - 4) Anode adalah kutub negatif.
    - 5) Reaksi tidak spontan.
    - 6) Berlaku hukum I Faraday  $w = \frac{e i t}{F}$ .
3. Korosi adalah reaksi oksidasi pada logam yang disebabkan oleh oksigen dan air. Korosi dapat dicegah dengan proteksi katodik, pembentukan aloi, dan perlindungan pada permukaan logam.

# Peta Konsep



## Kaji Diri

Bagaimanakah pendapat Anda setelah mempelajari materi **Reaksi Redoks dan Elektrokimia** ini? Menyenangkan, bukan? Banyak hal yang menarik tentang materi Reaksi Redoks dan Elektrokimia ini. Misalnya, Anda akan dapat menemukan aplikasi dari materi bab ini dalam kehidupan sehari-hari seperti pada proses penyepuhan logam dan pembentukan aloi.

Tujuan Anda mempelajari bab ini adalah agar Anda dapat menerapkan konsep reaksi redoks dalam sistem elektrokimia yang melibatkan energi listrik dan kegunaannya dalam

mencegah korosi dan dalam industri, serta menjelaskan reaksi redoks dalam sel elektrolisis dan menerapkan Hukum Faraday untuk elektrolisis larutan elektrolit. Apakah Anda dapat mencapai tujuan belajar tersebut? Jika Anda mengalami kesulitan dalam mempelajari materi tertentu pada bab ini, bertanyalah kepada guru kimia Anda. Anda pun dapat berdiskusi dengan teman-teman untuk memecahkan permasalahan-permasalahan yang berkenaan dengan materi Reaksi Redoks dan Elektrokimia ini. Belajarlah dengan baik. Pastikanlah Anda menguasai materi ini.

## Evaluasi Materi Bab 2

A. Pilihlah salah satu jawaban yang paling tepat dan kerjakanlah pada buku latihan Anda.

- Reduksi 1 mol ion  $\text{BrO}_3^-$  menjadi ion  $\text{Br}^-$  membutuhkan elektron sebanyak ....  
A. 2 mol  
B. 3 mol  
C. 4 mol  
D. 5 mol  
E. 6 mol
- Oksidasi 1 mol ion sianida ( $\text{CN}^-$ ) menjadi ion sianat ( $\text{CNO}^-$ ) memerlukan elektron sebanyak ....  
A. 1 mol  
B. 2 mol  
C. 3 mol  
D. 4 mol  
E. 5 mol
- Jumlah mol elektron yang terlibat dalam:  
 $3 \text{As(s)} + 5 \text{NO}_3^-(\text{aq}) + 4 \text{OH}^-(\text{aq}) \rightarrow 3 \text{AsO}_4^{3-}(\text{aq}) + 5 \text{NO(g)} + 2 \text{H}_2\text{O(l)}$   
adalah ....  
A. 3  
B. 5  
C. 9  
D. 12  
E. 15
- Banyaknya Fe yang dapat dioksidasi oleh 1 mol  $\text{Cr}_2\text{O}_7^{2-}$  menghasilkan  $\text{Fe}^{3+}$  dan  $\text{Cr}^{3+}$  adalah ....  
A. 1 mol  
B. 2 mol  
C. 3 mol  
D. 4 mol  
E. 6 mol
- Pada reaksi (belum setara):  
 $\text{H}_2\text{SO}_4(\text{aq}) + \text{HI}(\text{aq}) \rightarrow \text{H}_2\text{S}(\text{aq}) + \text{I}_2(\text{s}) + \text{H}_2\text{O(l)}$   
Satu mol  $\text{H}_2\text{SO}_4$  memerlukan HI sebanyak ....  
A. 10 mol  
B. 8 mol  
C. 4 mol  
D. 2 mol  
E. 1 mol
- Berapa elektron yang terlibat dalam reaksi ....  
 $\text{NO}_3^-(\text{aq}) \rightarrow \text{NO(g)}$   
A. 1 e  
B. 2 e  
C. 3 e  
D. 5 e  
E. 7 e
- Jika reaksi:  
 $\text{Cu}^{2+}(\text{aq}) + \text{NO(g)} \rightarrow \text{Cu(s)} + \text{NO}_3^-(\text{aq})$  (belum setara)  
dilengkapi maka persamaan reaksi itu akan mengandung ....  
A. 10  $\text{H}^+$  dan 5  $\text{H}_2\text{O}$   
B. 8  $\text{OH}^-$  dan 4  $\text{H}_2\text{O}$   
C. 8  $\text{H}^+$  dan 4  $\text{H}_2\text{O}$   
D. 4  $\text{OH}^-$  dan 2  $\text{H}_2\text{O}$   
E. 4  $\text{H}^+$  dan 2  $\text{H}_2\text{O}$
- Pada reaksi:  
 $\text{MnO}_4^-(\text{aq}) + \text{C}_2\text{O}_4^{2-}(\text{aq}) \rightarrow \text{Mn}^{2+}(\text{aq}) + \text{CO}_2(\text{g})$   
Jumlah mol  $\text{C}_2\text{O}_4^{2-}$  yang dapat dioksidasi oleh 1 mol  $\text{MnO}_4^-$  adalah ....  
A. 0,4  
B. 1  
C. 2  
D. 2,5  
E. 5
- Pada reaksi:  
 $\text{Cu(s)} + \text{NO}_3^-(\text{aq}) \rightarrow \text{Cu}^{2+}(\text{aq}) + \text{NO}_2(\text{g})$   
1 mol Cu akan menghasilkan gas  $\text{NO}_2$  pada STP sebanyak ....  
A. 11,2 L  
B. 22,4 L  
C. 33,6 L  
D. 44,8 L  
E. 56 L
- Diketahui potensial reduksi beberapa logam ....  
 $\text{Ga}^{3+}(\text{aq}) + 3 \text{e}^- \rightarrow \text{Ga(s)} \quad E^\circ = -0,55 \text{ V}$   
 $\text{Ir}^{2+}(\text{aq}) + 2 \text{e}^- \rightarrow \text{Ir(s)} \quad E^\circ = +1,00 \text{ V}$   
 $\text{La}^{3+}(\text{aq}) + 3 \text{e}^- \rightarrow \text{La(s)} \quad E^\circ = -2,52 \text{ V}$   
 $\text{Sn}^{2+}(\text{aq}) + 2 \text{e}^- \rightarrow \text{Sn(s)} \quad E^\circ = -0,14 \text{ V}$   
 $\text{Bi}^{3+}(\text{aq}) + 3 \text{e}^- \rightarrow \text{Bi(s)} \quad E^\circ = +0,25 \text{ V}$   
Susunan logam-logam tersebut dalam deret Volta adalah ....  
A. La - Ga - Sn - Bi - Ir  
B. La - Ir - Ga - Bi - Sn  
C. Sn - Ga - La - Bi - Ir  
D. Ir - Bi - Sn - Ga - La  
E. La - Ga - Sn - Ir - Bi
- Dari data potensial elektrode berikut:  
 $\text{Zn}^{2+}(\text{aq}) + 2 \text{e}^- \rightarrow \text{Zn(s)} \quad E^\circ = -0,76 \text{ V}$   
 $\text{Cd}^{2+}(\text{aq}) + 2 \text{e}^- \rightarrow \text{Cd(s)} \quad E^\circ = -0,40 \text{ V}$   
 $\text{Cu}^{2+}(\text{aq}) + 2 \text{e}^- \rightarrow \text{Cu(s)} \quad E^\circ = +0,34 \text{ V}$   
 $\text{Ag}^+(\text{aq}) + \text{e}^- \rightarrow \text{Ag(s)} \quad E^\circ = +0,80 \text{ V}$   
Reaksi yang dapat berlangsung adalah ....  
A.  $\text{Zn}^{2+}(\text{aq}) + \text{Cu(s)} \rightarrow \text{Zn(s)} + \text{Cu}^{2+}(\text{aq})$   
B.  $\text{Cd(s)} + \text{Zn}^{2+}(\text{aq}) \rightarrow \text{Cd}^{2+}(\text{aq}) + \text{Zn(s)}$   
C.  $\text{Cu}^{2+}(\text{aq}) + 2\text{Ag(s)} \rightarrow \text{Cu(s)} + 2\text{Ag}^+(\text{aq})$   
D.  $\text{Cu(s)} + \text{Cd}^{2+}(\text{aq}) \rightarrow \text{Cu}^{2+}(\text{aq}) + \text{Cd(s)}$   
E.  $\text{Cd(s)} + 2\text{Ag}^+(\text{aq}) \rightarrow 2\text{Ag(s)} + \text{Cd}^{2+}(\text{aq})$
- Logam X dapat mengendapkan tembaga dari larutan  $\text{CuSO}_4$ , tetapi logam X tidak bereaksi dengan larutan  $\text{ZnCl}_2$ . Deret berikut ini yang menyatakan bertambah kuatnya sifat reduktor adalah ....  
A. Zn - Cu - X  
B. Zn - X - Cu  
C. Cu - Zn - X  
D. Cu - X - Zn  
E. X - Zn - Cu
- Diketahui  $E^\circ_{\text{Pb}^{2+} | \text{Pb}} = -0,13 \text{ V}$  dan  $E^\circ_{\text{Fe}^{2+} | \text{Fe}} = -0,44 \text{ V}$ .  
Jika ke dalam larutan yang mengandung  $\text{Fe}^{2+}$  dan  $\text{Pb}^{2+}$  ditambahkan serbuk timbel dan besi maka ....

- A.  $\text{Fe}^{2+}$  dan  $\text{Pb}^{2+}$  bertambah  
 B.  $\text{Fe}^{2+}$  dan  $\text{Pb}^{2+}$  berkurang  
 C.  $\text{Fe}^{2+}$  bertambah dan  $\text{Pb}^{2+}$  berkurang  
 D.  $\text{Fe}^{2+}$  berkurang dan  $\text{Pb}^{2+}$  bertambah  
 E. tidak terjadi reaksi apa-apa
14. Logam L, M, dan P menunjukkan reaksi berikut:  
 $\text{P} + \text{L}^{2+} \rightarrow$  tidak terjadi reaksi  
 $\text{M} + 2\text{P}^+ \rightarrow \text{M}^{2+} + 2\text{P}$   
 $\text{L} + \text{M}^{2+} \rightarrow \text{L}^{2+} + \text{M}$   
 Urutan ketiga logam itu yang sesuai dengan potensial reduksi yang meningkat adalah ....  
 A. P - M - L      D. M - P - L  
 B. L - M - P      E. P - L - M  
 C. L - P - M
15. Dalam suatu sel Volta terjadi reaksi:  
 $\text{Sn(s)} + 2\text{Ag}^+(\text{aq}) \rightarrow \text{Sn}^{2+}(\text{aq}) + 2\text{Ag(s)}$   
 Jika  $E^\circ_{\text{timah}} = -0,14$  volt dan  $E^\circ_{\text{perak}} = +0,80$  V maka potensial sel adalah ....  
 A. 1,74 V      D. 0,66 V  
 B. 1,46 V      E. 0,52 V  
 C. 0,94 V
16. Dari data potensial reduksi:  
 $E^\circ_{\text{Zn}^{2+} | \text{Zn}} = -0,76$  V  
 $E^\circ_{\text{Mg}^{2+} | \text{Mg}} = -2,38$  V  
 $E^\circ_{\text{Cu}^{2+} | \text{Cu}} = +0,34$  V  
 $E^\circ_{\text{Pb}^{2+} | \text{Pb}} = -0,13$  V  
 $E^\circ_{\text{Ag}^+ | \text{Ag}} = +0,80$  V  
 Sel Volta yang menghasilkan potensial listrik paling besar adalah ....  
 A.  $\text{Zn} | \text{Zn}^{2+} || \text{Cu}^{2+} | \text{Cu}$   
 B.  $\text{Mg} | \text{Mg}^{2+} || \text{Ag}^+ | \text{Ag}$   
 C.  $\text{Zn} | \text{Zn}^{2+} || \text{Ag}^+ | \text{Ag}$   
 D.  $\text{Pb} | \text{Pb}^{2+} || \text{Cu}^{2+} | \text{Cu}$   
 E.  $\text{Mg} | \text{Mg}^{2+} || \text{Pb}^{2+} | \text{Pb}$
17. Sel Volta memiliki elektrode perak ( $E^\circ_{\text{Ag}^+ | \text{Ag}} = +0,80$  V;  $E^\circ_{\text{Zn}^{2+} | \text{Zn}} = -0,76$  V)  
 Pernyataan berikut yang *tidak benar* adalah ....  
 A. perak bertindak sebagai katode  
 B. reaksi sel:  $\text{Zn} + 2\text{Ag}^+ \rightarrow \text{Zn}^{2+} + 2\text{Ag}$   
 C. elektron mengalir dari perak ke seng  
 D. potensial sel = 1,56 V  
 E. notasi sel:  $\text{Zn} | \text{Zn}^{2+} || \text{Ag}^+ | \text{Ag}$
18. Jika larutan natrium nitrat dielektrolisis, akan terbentuk ....  
 A. natrium di katode  
 B. natrium di anode  
 C. hidrogen di anode  
 D. oksigen di katode  
 E. oksigen di anode
19. Jika leburan NaCl dielektrolisis maka ....  
 A. natrium di katode, klorin di anode  
 B. natrium di katode, oksigen di anode  
 C. hidrogen di katode, oksigen di anode  
 D. hidrogen di katode, klorin di anode  
 E. natrium dan hidrogen di katode, klorin di anode
20. Jika larutan CuO dielektrolisis dengan elektrode inert maka ....  
 A. ion  $\text{Cu}^{2+}$  menuju katode dan terjadi endapan Cu  
 B. ion  $\text{Cl}^-$  menuju katode dan terbentuk gas  $\text{Cl}_2$   
 C. ion  $\text{H}^+$  menuju katode dan terbentuk gas  $\text{H}_2$   
 D. di katode terjadi oksidasi  
 E. di anode terjadi reduksi
21. Jika Fe digunakan sebagai anode dan Cu sebagai katode pada elektrolisis larutan  $\text{CuSO}_4$ , akan terbentuk ....  
 A. gas  $\text{O}_2$  di anode  
 B. gas  $\text{H}_2$  di anode  
 C. endapan Cu di anode  
 D. endapan besi di katode  
 E. ion  $\text{Fe}^{2+}$  di anode
22. Jumlah arus listrik yang diperlukan untuk mereduksi 1 mol ion  $\text{ClO}_3^-$  menjadi  $\text{Cl}_2$  dalam larutan asam adalah ....  
 A. 1 F      D. 4 F  
 B. 2 F      E. 5 F  
 C. 3 F
23. Larutan  $\text{CuSO}_4$  dielektrolisis selama 2 menit dengan arus 2 A. Massa tembaga ( $A_r, \text{Cu} = 64$  g/mol) yang mengendap di katode adalah ....  
 A. 79,58 g      D. 79,58 mg  
 B. 15,92 g      E. 7,96 mg  
 C. 7,96 g
24. Arus listrik tertentu mengendapkan 0,54 g perak ( $A_r, \text{Ag} = 108$  g/mol) dari larutan  $\text{Ag}^+$ . Jika arus tersebut dilewatkan melalui larutan  $\text{X}^{2+}$  maka logam X ( $A_r, \text{X} = 40$  g/mol) yang mengendap sebanyak ....  
 A. 0,1 g      D. 0,27 g  
 B. 0,2 g      E. 1,08 g  
 C. 0,54 g
25. Larutan  $\text{ZnSO}_4$  dielektrolisis dengan arus 0,1 F selama 2 jam. Endapan seng ( $A_r, \text{Zn} = 65,4$  g/mol) yang terbentuk di katode berjumlah ....  
 A. 0,05 mol      D. 3,27 mol  
 B. 0,10 mol      E. 6,54 mol  
 C. 0,20 mol
26. Untuk mengendapkan semua tembaga ( $A_r, \text{Cu} = 63,5$ ) dari 200 mL larutan  $\text{CuSO}_4$  1 M dengan arus 10 A diperlukan waktu ....  
 A. 965 s      D. 5.790 s  
 B. 1.930 s      E. 9.650 s  
 C. 3.860 s
27. Pada elektrolisis larutan kalium nitrat 0,1 M selama 100 menit dengan arus 2 F. Jumlah gas yang terbentuk di anode (STP) adalah ....



- A. 44,8 L      D. 5,6 L  
B. 22,4 L      E. 2,8 L  
C. 11,2 L

28. Arus listrik 965 mA dialirkan melalui larutan asam sulfat selama 5 menit. Banyaknya gas hidrogen yang terbentuk adalah ....  
A.  $1 \times 10^{-3}$  mol  
B.  $1,5 \times 10^{-3}$  mol  
C.  $2 \times 10^{-3}$  mol  
D.  $2,5 \times 10^{-3}$  mol  
E.  $3 \times 10^{-3}$  mol
29. Pada elektrolisis larutan kalium klorida dengan listrik 0,02 F, volume gas yang terbentuk di katode

pada suhu dan tekanan tertentu di mana 1 L gas nitrogen ( $A_r N = 14$  g/mol) bermassa 1,4 g adalah ....

- A. 100 mL      D. 400 mL  
B. 200 mL      E. 448 mL  
C. 224 mL

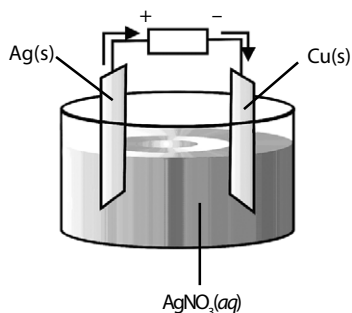
30. Pada elektrolisis larutan  $\text{CuSO}_4$  terbentuk 3,175 g tembaga di katode ( $A_r \text{Cu} = 63,5$  g/mol). Volume gas yang terjadi di anode pada kondisi 7 g gas nitrogen bervolume 5 dm<sup>3</sup> adalah ....  
A. 0,5 dm<sup>3</sup>  
B. 0,56 dm<sup>3</sup>  
C. 1 dm<sup>3</sup>  
D. 1,12 dm<sup>3</sup>  
E. 2 dm<sup>3</sup>

### B. Jawablah pertanyaan berikut dengan benar:

- Gambarkanlah sebuah sel Volta dengan elektrode-elektrode Ni dalam larutan  $\text{NiSO}_4$  dan Al dalam  $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$ . Sebutkan bagian-bagiannya dan bagaimana cara kerjanya.
- Hitunglah potensial sel dari diagram sel berikut. ( $E^\circ$  dapat dilihat dari tabel).  
a.  $\text{K} | \text{K}^+ || \text{Co}^{2+} | \text{Co}$   
b.  $\text{Fe} | \text{Fe}^{2+} || \text{Cu}^{2+} | \text{Cu}$   
c.  $\text{Cd} | \text{Cd}^{2+} || \text{Ag}^+ | \text{Ag}$   
d.  $\text{Zn} | \text{Zn}^{2+} || \text{Br}_2 | \text{Br}^-$
- Tuliskanlah reaksi di katode dan anode jika zat-zat berikut dielektrolisis dengan elektrode inert.  
a.  $\text{KI}(aq)$   
b.  $\text{NaOH}(aq)$   
c.  $\text{NaCl}(l)$   
d.  $\text{ZnSO}_4(aq)$
- Jika 2 buah sel elektrolisis yang masing-masing mengandung elektrolit  $\text{AgNO}_3$  dan  $\text{CuSO}_4$  disusun seri dengan menggunakan arus yang sama, dihasilkan 5,5 g Cu. Berapakah massa Ag yang diperoleh? ( $A_r \text{Cu} = 63,5$  g/mol,  $A_r \text{Ag} = 108$  g/mol)

### Soal Tantangan

- Kita semua pasti mengenal batu baterai. Ketika kita menggunakan batu baterai tersebut, lama-kelamaan batu baterai itu tidak dapat digunakan lagi. Mengapa hal tersebut dapat terjadi?
- Perhatikan bagan elektrolisis berikut.



- Logam manakah yang bertindak sebagai anode dan katode?
- Tuliskan reaksi redoks yang terjadi pada setiap elektrode.
- Bagaimanakah konsentrasi  $\text{AgNO}_3$  di dalam larutan? Jelaskan.
- Menurut Anda, untuk apakah teknik elektrolisis tersebut dilakukan? Jelaskan.

# B a b 3

## Kimia Unsur



Sumber: Science Discovery, 2000

Pada bab ini, Anda akan diajak untuk dapat memahami karakteristik unsur-unsur penting, kegunaan dan bahayanya, serta terdapatnya di alam dengan cara mengidentifikasi kelimpahan unsur-unsur utama dan transisi di alam dan produk yang mengandung unsur tersebut, mendeskripsikan kecenderungan sifat fisik dan kimia unsur utama dan unsur transisi (titik didih, titik leleh, kekerasan, warna, kelarutan, kereaktifan, dan sifat khusus lainnya), serta menjelaskan manfaat, dampak, serta proses pembuatan unsur-unsur dan senyawanya dalam kehidupan sehari-hari.

Anda tentu sering mendengar istilah unsur logam dan unsur nonlogam. Unsur-unsur tersebut memiliki beragam kegunaan sesuai dengan sifat-sifatnya yang khas. Contohnya, badan pesawat terbang harus memiliki berat yang cukup ringan dan tidak mudah terkorosi oleh udara lembap maka digunakan logam aluminium yang memiliki massa jenis yang cukup ringan dan tidak mudah terkorosi. Contoh lainnya adalah pemanfaatan nitrogen sebagai bahan pembuatan pupuk. Masih banyak kegunaan dan sifat unsur-unsur kimia yang dapat Anda temukan di dalam bab ini.

Bagaimanakah sifat, kelimpahan di alam, proses pembuatan, dan cara menentukan kadar unsur-unsur tersebut? Temukanlah jawabannya dengan menelusuri isi bab ini.

- A. Kelimpahan Unsur di Alam
- B. Sifat-Sifat Unsur
- C. Kegunaan dan Pembuatan Unsur-Unsur Kimia dan Senyawanya
- D. Penentuan Kadar Unsur Kimia dalam Suatu Produk

## Soal Pramateri

1. Apakah perbedaan antara unsur, senyawa, dan campuran?
2. Tuliskan unsur-unsur dari golongan alkali, alkali tanah, halogen, dan gas mulia.
3. Dalam tabel periodik, bagaimanakah sifat keelektromagnetifan unsur-unsur?

## Kupas Tuntas

Nama mineral yang mengandung unsur mangan adalah ....

- A. bauksit
- B. kriolit
- C. pirit
- D. pirolusit
- E. hematit

Pembahasan  
Bauksit dan kriolit merupakan mineral aluminium. Pirit dan hematit merupakan mineral besi. Pirolusit ( $\text{MnO}_2$ ) merupakan mineral mangan. Jadi, mineral mangan adalah (D) pirolusit.

UN 2003

## Kata Kunci

- Kelimpahan unsur
- Mineral

## A Kelimpahan Unsur di Alam

Tahukah Anda, apakah kesamaan antara *velg* ban kendaraan dan badan pesawat terbang? Kedua benda tersebut terbuat dari logam aluminium. Aluminium hanyalah salah satu contoh unsur kimia yang ditemukan dalam kehidupan sehari-hari. Selain aluminium, masih ada sekitar ratusan unsur. Unsur-unsur tersebut tersebar meruah di alam.

Indonesia dikenal sebagai negara yang kaya dengan sumber daya alam, salah satunya logam-logam, seperti tembaga, nikel, dan emas. Daerah mana sajakah yang merupakan daerah tambang logam? Mari, menyelidikinya dengan melakukan kegiatan berikut.

## Selidikilah 3.1

### Daerah Penghasil Tambang

#### Tujuan

Menyelidiki daerah penghasil tambang di Indonesia

#### Alat dan Bahan

1. Media cetak
2. Internet

#### Langkah Kerja

1. Carilah informasi mengenai daerah-daerah di Indonesia yang merupakan daerah tambang. Gunakan kata kunci yang berhubungan dengan logam, seperti logam, bijih logam, emas, baja, perak, aluminium, timah, besi, tembaga, nikel, hematit, magnetit, pirit, siderit, kriolit, bauksit, dan kasiterit.
2. Lengkapi tabel berikut berdasarkan informasi yang Anda peroleh.

Mineral	Unsur Utama	Daerah Penghasil

Jawablah pertanyaan berikut untuk menarik kesimpulan.

1. Mineral apa saja yang mengandung logam besi?
2. Daerah mana saja yang merupakan tambang besi?
3. Mineral apa saja yang mengandung logam aluminium?
4. Daerah mana saja yang merupakan tambang aluminium?
5. Mineral apa saja yang mengandung logam timah?
6. Daerah mana saja yang merupakan tambang timah?
7. Mineral apa saja yang mengandung logam nikel?
8. Daerah mana saja yang merupakan tambang nikel?
9. Mineral apa saja yang mengandung logam tembaga?
10. Daerah mana saja yang merupakan tambang tembaga?
11. Mineral apa saja yang mengandung logam emas?
12. Daerah mana saja yang merupakan tambang emas?
13. Mineral apa saja yang mengandung logam perak?
14. Daerah mana saja yang merupakan tambang perak?

Kerjakanlah secara berkelompok dan diskusikan hasil yang diperoleh.

Bandingkanlah hasil penyelidikan Anda dengan penjelasan berikut.

Unsur-unsur kimia terdapat melimpah di kulit bumi dan lapisan atmosfer. Unsur-unsur tersebut dapat dikelompokkan menjadi unsur logam dan nonlogam. Di kulit bumi, unsur-unsur kimia biasanya terdapat dalam bentuk senyawa yang terkandung dalam tanah dan batuan. Tabel berikut menunjukkan komposisi unsur-unsur kimia di kulit bumi.

Tabel 3.1 Komposisi Unsur-Unsur Kimia di Kulit Bumi

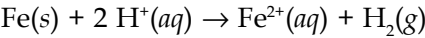
Unsur	Persentase (%)
Oksigen	46,60
Silikon	27,72
Aluminium	8,13
Besi	5,00
Kalsium	3,63
Natrium	2,83
Kalium	2,59
Magnesium	2,09
Titanium	0,44
Hidrogen	0,14
Fosfor	0,12
Mangan	0,10
Unsur-unsur lainnya	0,61

Sumber: Basic Concept of Chemistry, 1996

1. Besi

Besi merupakan logam yang paling banyak digunakan. Di alam, besi terdapat dalam bentuk bijih besi, misalnya hematit (Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>), magnetit (Fe<sub>3</sub>O<sub>4</sub>), siderit (FeCO<sub>3</sub>), dan pirit (FeS<sub>2</sub>). Daerah tambang bijih besi di Indonesia terdapat di Cilacap, Jawa Tengah dan beberapa tempat di Jawa Timur. Adapun daerah pengolahan bijih besi dan industri baja terdapat di Cilegon, Banten.

Logam besi bereaksi dengan asam klorida menghasilkan gas hidrogen.

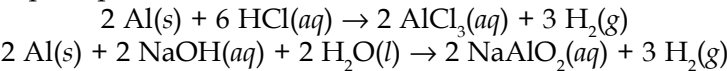


Asam sulfat pekat dapat mengoksidasi logam besi menjadi Fe<sup>2+</sup>. Besi memiliki bilangan oksidasi +2 dan +3. Contoh senyawa besi(II), seperti FeO (hitam), FeSO<sub>4</sub>·7 H<sub>2</sub>O (hijau), FeCl<sub>2</sub> (kuning), dan FeS (hitam). Dengan adanya oksigen, ion Fe<sup>2+</sup> dalam larutan dapat teroksidasi menjadi ion Fe<sup>3+</sup>. Besi(III) oksida berwarna cokelat kemerahan dan besi(III) klorida berwarna hitam kecokelatan.

2. Aluminium

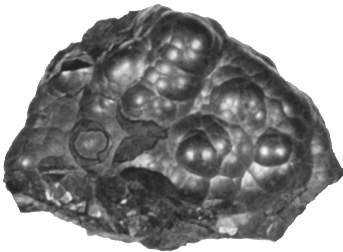
Aluminium terdapat melimpah di dalam kulit bumi, jumlahnya sekitar 8%. Dengan kelimpahan sebesar itu, aluminium merupakan unsur ketiga terbanyak setelah oksigen dan silikon serta merupakan unsur logam yang paling melimpah. Namun, aluminium merupakan logam yang mahal karena pengolahannya yang sulit. Mineral aluminium yang bernilai ekonomis adalah bauksit (Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>·2 H<sub>2</sub>O). Mineral lainnya yang mengandung aluminium adalah ortoklas (KAlSi<sub>3</sub>O<sub>8</sub>), beril (Be<sub>3</sub>Al<sub>2</sub>Si<sub>6</sub>O<sub>8</sub>), kriolit (Na<sub>3</sub>AlF<sub>6</sub>), dan korundum (Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>). Di Indonesia, bauksit banyak ditemukan di pulau Bintan dan Tayan (Kalimantan Barat).

Aluminium memiliki massa jenis rendah (2,7 g/cm<sup>3</sup>), dapat diregangkan, mudah ditempa, dan merupakan konduktor listrik yang baik. Aluminium tidak bereaksi dengan air. Aluminium bereaksi dengan asam klorida dan basa kuat, seperti persamaan reaksi berikut.



3. Tembaga

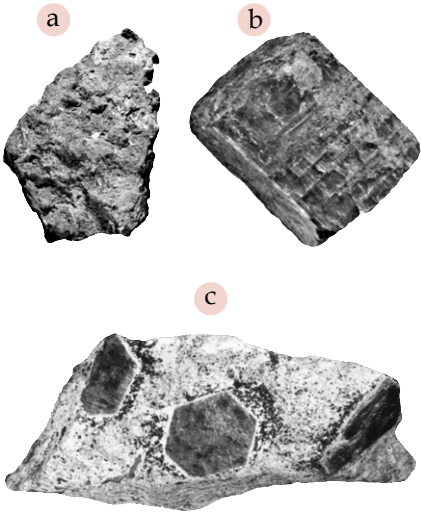
Tembaga merupakan logam yang kuat, dapat ditempa, tahan korosi, serta penghantar listrik dan panas yang baik. Bijih tembaga yang terpenting adalah berupa sulfida, seperti kalkosit (Cu<sub>2</sub>S) dan kalkopirit (CuFeS<sub>2</sub>). Penambangan tembaga di Indonesia terdapat di Papua, Sulawesi Utara, Jawa Barat, dan beberapa daerah lain.



Sumber: Chemistry for You, 2001

Gambar 3.1

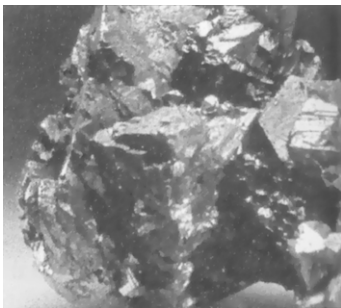
Hematit merupakan mineral yang mengandung besi.



Sumber: Science Encyclopedia, 2000; Chemistry (Chang), 2002

Gambar 3.2

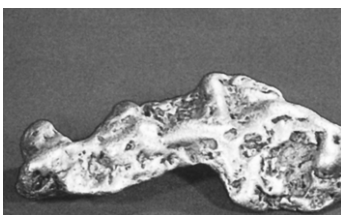
Mineral-mineral aluminium:  
(a) bauksit,  
(b) beril, dan  
(c) korundum.



Sumber: Chemisry for You, 2001

**Gambar 3.3**

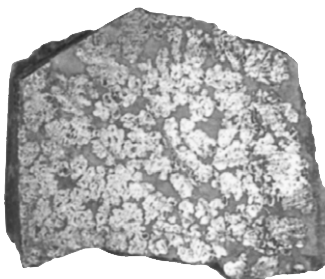
Bijih tembaga



Sumber: Chemisry, Matter and Its Changes, 2004

**Gambar 3.4**

Emas ditemukan di alam dalam bentuk logamnya.



Sumber: Science Encyclopedia, 2000

**Gambar 3.5**

Mineral kasiterit yang mengandung perak.

Tembaga bereaksi dengan asam sulfat panas membentuk senyawa tembaga(II) sulfat yang berwarna biru.



Tembaga memiliki bilangan oksidasi +1 dan +2. Tembaga dengan bilangan oksidasi +1 kurang stabil dan mengalami reaksi disproporsionasi dalam larutannya.



Semua senyawa tembaga(I) bersifat diamagnetik dan tidak berwarna, kecuali  $\text{Cu}_2\text{O}$  (merah). Senyawa tembaga(II) bersifat paramagnetik dan berwarna, contohnya  $\text{CuO}$  (hitam),  $\text{CuSO}_4 \cdot 5 \text{H}_2\text{O}$  (biru), dan  $\text{CuS}$  (hitam).

## 4. Emas

Logam emas berwarna kuning dan relatif lunak. Emas merupakan logam yang paling mudah ditempa dan paling mudah memuai. Emas dapat ditempa sedemikian tipisnya. Sebagai ilustrasi, 120.000 lembar yang ditumpuk memiliki tebal tidak lebih dari 1 cm. Dari 1 g emas dapat dibuat kawat sepanjang 2,5 km. Logam emas disebut juga logam mulia karena emas tidak bereaksi dengan oksigen dan tidak terkorosi di udara. Emas juga tidak bereaksi dengan asam atau basa. Daerah pertambangan emas di Indonesia ada di Aceh Barat, Lampung Selatan, Lebak (Jawa Barat), Kalimantan Tengah, dan Bengkulu. Selain dari hasil pertambangan, emas juga diperoleh dari hasil samping pemurnian tembaga dan nikel.

## 5. Perak

Perak adalah logam yang berwarna putih dan sangat mengilap terutama setelah digosok. Perak ditemukan dalam bentuk senyawa yang berupa klorida dan sulfida. Bijih perak yang berupa sulfida sering bercampur dengan sulfida dari tembaga, nikel, arsen, dan antimon. Daerah pertambangan perak di Indonesia terdapat di Cikotok (Banten), Gunung Bijih (Papua), dan Kalimantan Tengah. Cara penambangan yang digunakan adalah dengan pertambangan terbuka dan tertutup. Produksi perak umumnya diperoleh sebagai hasil sampingan pada pengolahan logam lain, seperti tembaga dan timbal.

## 6. Timah

Timah adalah logam yang berwarna putih perak, relatif lunak, tahan karat, dan memiliki titik leleh yang rendah. Ada dua jenis timah, yaitu timah putih dan timah abu-abu. Bijih timah yang terpenting adalah kasiterit ( $\text{SnO}_2$ ). Tempat penambangan bijih timah di Indonesia berada di Bangka, Belitung, dan pulau Kampar (Riau).

## 7. Nikel

Nikel adalah logam yang berwarna putih mengilap, sangat keras, dan tidak mudah berkarat. Bijih nikel yang utama adalah nikel sulfida. Daerah penambangan nikel ada di Koala (Maluku Utara), Soroako (Sulawesi Selatan), dan Maluku Utara.

Anda mungkin telah mengetahui beberapa jenis logam dan mineral yang mengandungnya. Dalam kehidupan sehari-hari, beberapa unsur logam mudah ditemui dalam bentuk produk-produk rumah tangga, bahan industri, dan perhiasan. Perhatikanlah gambar berikut.





a



b



c

Sumber: Science Discovery, 2000; Chemistry for You, 2001

Emas, perak, nikel, dan besi merupakan unsur logam. Selain unsur logam, terdapat juga unsur nonlogam. Contoh unsur nonlogam, di antaranya nitrogen, oksigen, karbon, dan sulfur. Tahukah Anda, dalam bentuk apakah unsur-unsur nonlogam terdapat di alam? Unsur-unsur nonlogam, seperti oksigen dan nitrogen kebanyakan terdapat di alam dalam bentuk gas, sebagian lagi dalam bentuk senyawa. Udara mengandung 78% gas nitrogen, 21% gas oksigen, dan sisanya adalah gas-gas lain, seperti gas hidrogen, karbon dioksida, gas argon, gas helium, dan gas nitrogen dioksida.

### Gambar 3.6

Contoh pemanfaatan logam dalam kehidupan sehari-hari:

- peralatan rumah tangga,
- bahan baku industri,
- perhiasan.

## Soal Penguasaan Materi 3.1

Kerjakanlah di dalam buku latihan Anda.

- Tuliskanlah contoh unsur logam dan nonlogam, masing-masing tiga unsur.
- Apakah nama mineral yang mengandung unsur besi?
- Apakah nama mineral yang mengandung unsur aluminium?
- Di manakah Anda dapat menemukan gas nitrogen?

## B Sifat-Sifat Unsur

### 1. Perbedaan Sifat Kimia dan Sifat Fisis

Setiap unsur kimia memiliki berbagai sifat yang membedakannya dengan unsur yang lain. Di Kelas X, Anda telah mempelajari sifat fisis dan sifat kimia unsur. Untuk menyegarkan ingatan Anda tentang sifat-sifat unsur, mari lakukan kegiatan berikut.

### Selidikilah 3.2

#### Sifat Kimia dan Sifat Fisis Unsur Kimia

##### Tujuan

Menyelidiki perbedaan sifat kimia dan sifat fisis unsur kimia

##### Alat dan Bahan

Tabel periodik

##### Langkah Kerja

- Amati tabel periodik unsur, lalu identifikasi informasi yang terdapat dalam tabel periodik.
- Tuliskan sifat-sifat yang dimiliki unsur.
- Kelompokkan sifat-sifat unsur berdasarkan sifat fisis dan kimianya.

Jawablah pertanyaan berikut untuk menarik kesimpulan.

- Sifat-sifat apa saja yang merupakan sifat fisis?
- Sifat-sifat apa saja yang merupakan sifat kimia?

Diskusikan hasil yang Anda peroleh dengan teman Anda.

## Kata Kunci

- Sifat fisis
- Sifat kimia

Bandingkanlah hasil penyelidikan Anda dengan penjelasan berikut.

Sifat suatu unsur bermanfaat untuk menjelaskan, mengidentifikasi, memisahkan, dan mengelompokkan. Menjelaskan suatu unsur berdasarkan sifatnya mirip dengan cara Anda ketika menjelaskan seseorang. Ada dua jenis sifat unsur, yaitu sifat fisis dan sifat kimia. Sifat fisis menjelaskan bentuk fisik unsur tersebut, misalnya warna, kerapuhan, kelenturan, konduktivitas listrik, massa jenis, sifat magnet, kekerasan, nomor atom, kalor penguapan, titik leleh, dan titik didih. Adapun sifat kimia suatu zat meliputi bagaimana suatu unsur dapat bereaksi dengan unsur lainnya, kecepatan reaksi jika bereaksi dengan unsur lain, jumlah panas yang dihasilkan dari suatu reaksi dengan unsur lain, dan suhu ketika terjadi reaksi.

Beberapa sifat unsur, baik fisis maupun kimia, dimuat dalam tabel periodik unsur. Sifat-sifat fisis unsur yang diinformasikan dalam tabel periodik adalah wujud pada suhu kamar, titik didih, titik leleh, dan massa jenis. Sifat kimia unsur dapat diprediksi dari data pada tabel periodik, antara lain nomor atom, massa atom, struktur elektron, dan tingkat oksidasi. Dari data nomor atom, massa atom, struktur elektron, dan tingkat oksidasi suatu unsur dapat diketahui bagaimana suatu unsur bereaksi, dengan unsur apa dapat bereaksi, dan senyawa yang dihasilkan dari reaksi tersebut.

## 2. Sifat Fisis Beberapa Unsur

Dengan melihat tabel periodik, Anda dapat mengetahui wujud suatu unsur pada suhu kamar. Unsur-unsur kimia pada suhu kamar dapat berwujud padat, cair, dan gas. Anda juga dapat mengetahui sifat fisis lainnya, seperti titik didih dan titik leleh. Menurut Anda, adakah hubungan antara wujud suatu unsur dengan titik didih dan titik leleh yang dimiliki unsur tersebut? Mari, menyelidiki hal tersebut dengan melakukan kegiatan berikut.

### Selidikilah 3.3

#### Sifat Fisis Unsur-Unsur Kimia

##### Tujuan

Menyelidiki pengaruh sifat fisis unsur-unsur kimia

##### Alat dan Bahan

Tabel periodik

##### Langkah Kerja

Gunakanlah informasi dalam Tabel Periodik untuk melengkapi tabel berikut.

Golongan	Unsur	Titik Didih (°C)	Titik Leleh (°C)	Wujud
IIA	Be Mg Ca Sr Ba Ra			
VIIA	F Cl Br I At			



VIIIA	He			
	Ne			
	Ar			
	Kr			
	Xe			
	Rn			

Jawablah pertanyaan berikut untuk menarik kesimpulan.

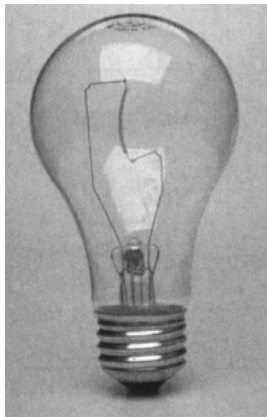
1. Unsur-unsur apa saja yang berwujud padat?
2. Bagaimana titik didih dan titik leleh unsur-unsur yang berwujud padat dibandingkan dengan suhu kamar?
3. Unsur-unsur apa sajakah yang berwujud cair?
4. Bagaimana titik didih dan titik leleh unsur-unsur yang berwujud cair dibandingkan dengan suhu kamar?
5. Unsur-unsur apa sajakah yang berwujud gas?
6. Bagaimana titik didih dan titik leleh unsur-unsur yang berwujud gas dibandingkan dengan suhu kamar?

Diskusikan hasil yang Anda peroleh dengan teman Anda.

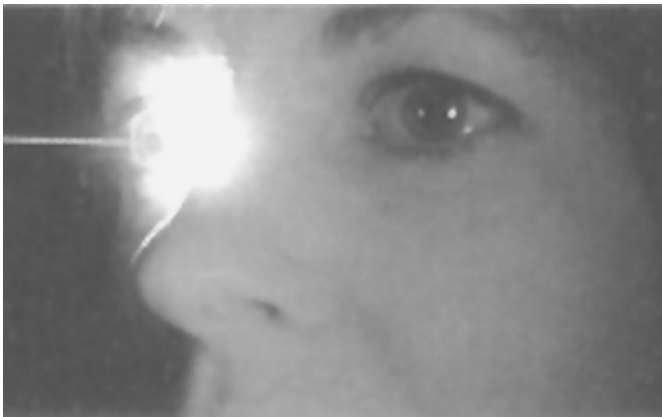
Bandingkanlah hasil penyelidikan Anda dengan penjelasan berikut.

Wujud suatu unsur berkaitan dengan titik didih dan titik leleh yang dimiliki unsur tersebut. Jika titik didih dan titik leleh suatu unsur lebih tinggi daripada suhu kamar (25 °C) maka unsur tersebut berwujud padat. Itulah sebabnya semua unsur golongan IIA berwujud padat karena titik didih dan titik leleh unsur-unsur golongan IIA di atas 25 °C.

Jika titik didih dan titik leleh suatu unsur lebih rendah daripada suhu kamar (25 °C) maka unsur tersebut berwujud gas. Itulah sebabnya, semua unsur golongan VIIIA berwujud gas karena titik didih dan titik leleh unsur-unsur golongan VIIIA di bawah 25 °C.



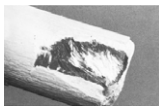
a



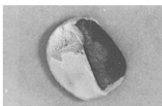
b

Sumber: Chemistry for You, 2001

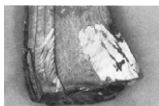
Unsur-unsur golongan VIIA ada yang berwujud padat, cair, dan gas. Unsur-unsur golongan VIIA yang berwujud padat memiliki titik didih dan titik leleh di atas 25 °C, sedangkan unsur berwujud gas memiliki titik didih dan titik leleh di bawah 25 °C. Bagaimana dengan bromin? Unsur ini memiliki titik didih di atas 25 °C, tetapi titik lelehnya di bawah 25 °C. Hal inilah yang menyebabkan unsur bromin berwujud cair.



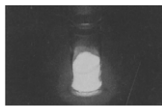
Stronsium (Sr)



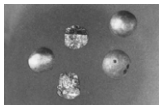
Barium (Ba)



Kalsium (Ca)



Radium (Ra)



Berilum (Be)



Magnesium (Mg)

**Gambar 3.7**

Unsur-unsur golongan IIA

**Gambar 3.8**

- (a) Gas argon digunakan sebagai pengisi lampu bohlam.
- (b) Gas krypton digunakan dalam laser untuk operasi retina mata.

Dapatkah Anda sebutkan kegunaan unsur gas mulia yang lainnya?



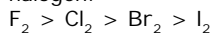
Sumber: Chemistry (Ann and Patrick Fullick), 2000

**Gambar 3.9**

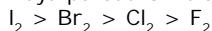
Fluorin berwujud gas, bromin berwujud cair, sedangkan iodine berwujud padat.

### Anda Harus Ingat

Daya pengoksidasi halogen:

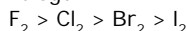


Daya pereduksi halogen:

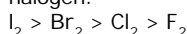


### You Must Remember

Oxidizing agent of halogen:



Reducing agent of halogen:



## 3. Sifat Kimia Beberapa Unsur

Selain memiliki sifat fisis, unsur-unsur juga memiliki sifat kimia. Sifat-sifat kimia tersebut, di antaranya daya pengoksidasi, daya pereduksi, dan warna nyala. Bagaimanakah daya pengoksidasi dan daya pereduksi unsur-unsur golongan halogen? Bagaimanakah warna nyala unsur-unsur golongan alkali dan alkali tanah? Ingin mengetahui jawabannya? Temukanlah jawabannya dengan melakukan kegiatan berikut.

### Selidikilah 3.4

#### Daya Pengoksidasi dan Daya Pereduksi Unsur-Unsur Golongan Halogen

##### Tujuan

Menyelidiki daya pengoksidasi dan daya pereduksi unsur-unsur golongan halogen

##### Alat dan Bahan

1. 5 mL larutan KI
2.  $Cl_2$
3. Larutan  $CCl_4$
4. Tabung reaksi

##### Langkah Kerja

1. Tuangkan 5 mL larutan KI ke dalam tabung reaksi. Amati warna larutan KI.
2. Tambahkan  $Cl_2$  ke dalam tabung reaksi. Amati warna larutan setelah penambahan  $Cl_2$ .
3. Tambahkan  $CCl_4$  ke dalam tabung reaksi, lalu kocok. Amati warna larutan pada lapisan bawah.

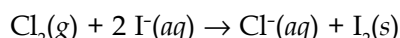
##### Jawablah pertanyaan berikut untuk menarik kesimpulan.

1. Bagaimana warna larutan setelah penambahan  $Cl_2$ ?
2. Mengapa warna larutan setelah penambahan  $Cl_2$  berubah?
3. Bagaimana warna larutan setelah penambahan  $CCl_4$  dan pengocokan?
4. Mengapa warna larutan setelah penambahan  $CCl_4$  dan pengocokan berubah?
5. Manakah potensial reduksi yang paling besar antara  $Cl_2$  dan  $I_2$ ?
6. Apakah hubungan antara potensial reduksi dengan daya pengoksidasi dan daya pereduksi?

Kerjakanlah secara berkelompok dan diskusikanlah hasil yang Anda peroleh.

Bandingkanlah hasil penyelidikan Anda dengan penjelasan berikut.

Larutan KI yang berwarna bening mengandung ion  $I^-$ . Penambahan larutan  $Cl_2$  menyebabkan warna larutan berubah menjadi cokelat. Warna cokelat ini merupakan warna larutan  $KI_3$ . Setelah ditambahkan  $CCl_4$  dan dikocok, akan dihasilkan dua lapisan, yaitu lapisan atas ( $I_2$  dalam  $KI_3$ ) dan lapisan bawah ( $I_2$  dalam  $CCl_4$ ). Lapisan terbagi dua dan tidak bercampur karena larutan  $KI_3$  dan  $CCl_4$  memiliki kepolaran dan massa jenis yang berbeda. Larutan yang kepolarannya berbeda tidak akan bercampur. Massa jenis  $CCl_4$  lebih besar sehingga berada di lapisan bawah. Lapisan bawah memiliki warna ungu. Mengapa? Hal ini dapat dijelaskan oleh persamaan reaksi berikut.



Dari persamaan reaksi tersebut dapat diketahui bahwa  $Cl_2$  mengoksidasi  $I^-$  menjadi  $I_2$  yang ditandai dengan perubahan warna dari bening ke ungu. Mengapa  $Cl_2$  dapat mengoksidasi  $I^-$ ? Hal ini berkaitan dengan harga potensial reduksi unsur-unsur golongan halogen. Perhatikanlah tabel berikut.

Tabel 3.2 Harga Potensial Reduksi Unsur-Unsur Golongan Halogen		
Reaksi	Potensial Reduksi (E°)	Nomor Atom
$F_2(g) + 2 e^- \rightarrow 2 F^-(aq)$	+2,87	9
$Cl_2(g) + 2 e^- \rightarrow 2 Cl^-(aq)$	+1,36	17
$Br_2(g) + 2 e^- \rightarrow 2 Br^-(aq)$	+1,06	35
$I_2(g) + 2 e^- \rightarrow 2 I^-(aq)$	+0,54	53

Sumber: Chemistry (McMurry), 2001

Berdasarkan data pada tabel, dapat disimpulkan bahwa dalam satu golongan, semakin besar nomor atom (dari atas ke bawah), harga potensial reduksi semakin kecil. Berarti, semakin ke bawah, sifat pengoksidasi semakin berkurang. Unsur yang potensial reduksinya lebih besar dapat mengoksidasi unsur yang potensial reduksinya lebih kecil.  $Cl_2$  dapat mengoksidasi  $I^-$  karena potensial reduksi  $Cl$  lebih besar daripada  $I$ . Dari penjelasan ini, Anda dapat meramalkan unsur-unsur mana saja dalam golongan halogen yang dapat mengoksidasi unsur lainnya. Unsur  $F$  dapat mengoksidasi unsur-unsur halogen lainnya, sedangkan unsur  $Cl$  dapat mengoksidasi unsur-unsur halogen lainnya, kecuali  $F$ . Kemudian, unsur  $Br$  hanya dapat mengoksidasi  $I$ , sedangkan unsur  $I$  tidak dapat mengoksidasi unsur lainnya.

Lawan dari pengoksidasi adalah pereduksi. Semakin kecil nilai potensial reduksinya, sifat daya pereduksinya semakin besar. Jadi, unsur  $I$  memiliki daya pereduksi yang paling besar diikuti  $Br$ ,  $Cl$ , dan  $F$ .

Sifat kimia unsur yang lainnya adalah warna nyala. Lakukanlah kegiatan berikut untuk mengetahui warna nyala beberapa unsur golongan alkali dan alkali tanah.

### Selidikilah 3.5

#### Warna Nyala Unsur-Unsur Golongan Alkali dan Alkali Tanah

##### Tujuan

Menyelidiki warna nyala unsur-unsur golongan alkali dan alkali tanah

##### Alat dan Bahan

- |                    |                |             |              |
|--------------------|----------------|-------------|--------------|
| 1. Kawat nikrom    | 4. Kaca kobalt | 7. $KCl$    | 9. $SrCl_2$  |
| 2. Spatula         | 5. $HCl$ pekat | 8. $CaCl_2$ | 10. $BaCl_2$ |
| 3. Pembakar bunsen | 6. $NaCl$      |             |              |

Sebelum memulai percobaan carilah informasi mengenai senyawa yang akan digunakan, meliputi sifat kimia senyawa, cara penggunaan, dan penanganannya.

##### Langkah Kerja

- Siapkan kawat nikrom yang bersih. Untuk memastikan bahwa kawat nikrom telah bersih, celupkan ujung kawat nikrom ke dalam larutan  $HCl$  pekat. Setelah itu, bakar menggunakan pembakar bunsen berkali-kali hingga bersih.
- Warna nyala setiap unsur dapat diuji dengan cara mencelupkan ujung kawat nikrom ke dalam larutan  $HCl$  pekat, lalu celupkan ke dalam setiap garam klorida dan bakar menggunakan pembakar bunsen. Gunakan kaca kobalt untuk mengamati warna nyala kalium.
- Tuliskan hasil pengamatan Anda pada tabel berikut.

Garam	Unsur yang Diamati	Warna Nyala
$NaCl$	$Na$	
$KCl$	$K$	
$CaCl_2$	$Ca$	
$SrCl_2$	$Sr$	
$BaCl_2$	$Ba$	

Jawablah pertanyaan berikut untuk menarik kesimpulan.

- Bagaimana warna nyala setiap unsur?
- Mengapa nyala setiap unsur berbeda-beda?

Kerjakanlah secara berkelompok dan diskusikanlah hasil yang Anda peroleh.

### Kupas Tuntas

Reaksi berikut dapat berlangsung kecuali reaksi antara ....

- larutan  $KI$  dan gas  $Br_2$
- larutan  $KI$  dan gas  $Cl_2$
- larutan  $KCl$  dan gas  $Br_2$
- larutan  $KBr$  dan gas  $Cl_2$
- larutan  $KCl$  dan gas  $F_2$

Pembahasan

Gas  $Br_2$  tidak mampu mengoksidasi larutan  $KCl$ . Jadi, reaksi yang tidak dapat berlangsung adalah (C) larutan  $KCl$  dengan gas  $Br_2$ .

UMPTN 2000

### Kupas Tuntas

Di antara unsur-unsur alkali tanah yang sifatnya mirip dengan aluminium adalah ....

- $Mg$
- $Be$
- $Ra$
- $Ca$
- $Sr$

Pembahasan

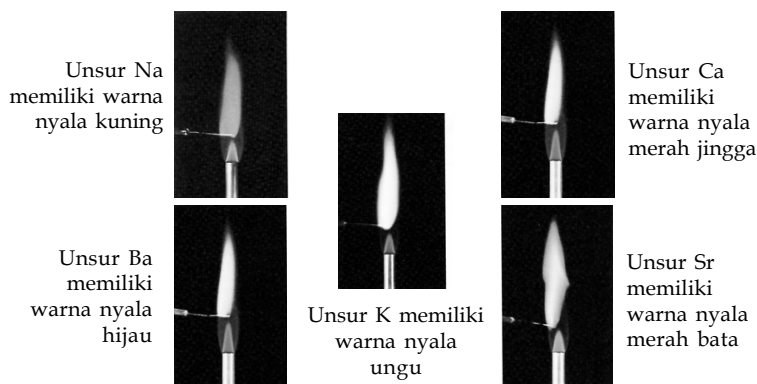
Aluminium adalah logam yang bersifat amfoter, yaitu dapat membentuk asam ( $HAlO_2$ ) dan membentuk basa  $Al(OH)_3$ . Sama seperti logam  $Be$  dapat membentuk asam  $H_2BeO_2$  dan membentuk basa  $Be(OH)_2$ . Jadi, unsur alkali tanah yang sifatnya mirip dengan aluminium adalah (B)  $Be$ .

UMPTN 1992



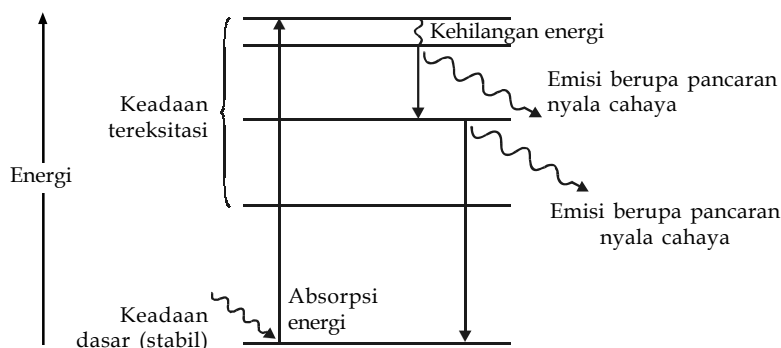
Bandingkanlah kesimpulan yang Anda peroleh dengan penjelasan berikut.

Unsur-unsur golongan alkali dan alkali tanah dapat dibedakan dari warna nyala yang dihasilkannya. Bagaimanakah warna nyala unsur-unsur tersebut? Perhatikanlah gambar berikut.



Sumber: Jendela IPTEK: Kimia, 1993

Unsur-unsur tersebut memiliki warna nyala yang berbeda-beda karena sifat dari atomnya. Jika diberikan energi, kedudukan elektron dalam atom akan mengalami perubahan, yaitu berpindah ke kulit yang lebih tinggi (eksitasi). Setelah itu, elektron akan kembali ke keadaan dasar (stabil) sambil melepaskan energi radiasi elektromagnetik. Pada saat unsur-unsur alkali dan alkali tanah dipanaskan (diberi energi), elektron dalam atom alkali dan alkali tanah akan mengalami eksitasi, dan pada saat kembali ke keadaan stabil, setiap elektron akan melepaskan energi radiasi elektromagnetik berupa pancaran nyala cahaya. Nyala setiap atom berbeda-beda dan sangat khas.



**Gambar 3.11**  
Diagram tingkat energi pada atom yang mengalami eksitasi

### Anda Harus Ingat

Logam alkali dan alkali tanah dapat dibedakan dari warna nyala yang dihasilkannya ketika dibakar. Natrium berwarna kuning, kalium berwarna ungu, kalsium berwarna merah jingga, stronsium berwarna merah bata, dan barium berwarna hijau.

### You Must Remember

Alkali metal and earth alkali metal can be distinguished by its colour when it is burned. Sodium is yellow, potassium is purple, calcium is red-orange, strontium is red-brown, and barium is green.

## 4. Keperiodikan Sifat Unsur Seperiode

Unsur-unsur kimia dalam tabel dapat juga dikelompokkan berdasarkan periode. Bagaimanakah sifat unsur-unsur yang terletak dalam satu periode? Lakukanlah kegiatan berikut untuk mengetahui keteraturan sifat-sifat unsur periode ketiga.

### Selidikilah 3.6

#### Sifat Asam dan Basa Larutan Senyawa Unsur-Unsur Periode Ketiga

##### Tujuan

Menyelidiki sifat asam dan basa larutan senyawa unsur-unsur periode ketiga

##### Alat dan Bahan

1. Penjepit logam
2. Cawan porselen
3. Pembakar bunsen
4. Pipet tetes

5. Labu erlenmeyer
6. Gabus labu berlubang
7. Sendok bakar
8. Rak dan tabung reaksi
9. Logam magnesium
10. Serbuk belerang
11. Lakmus merah
12. Lakmus biru
13. Larutan  $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$  0,1 M
14. Larutan amoniak 1 M
15. Larutan  $\text{H}_2\text{SO}_4$  1 M
16. Larutan  $\text{NaOH}$  1 M

Sebelum memulai percobaan carilah informasi mengenai senyawa yang akan digunakan, meliputi sifat kimia senyawa, cara penggunaan, dan penanganannya.

#### Langkah Kerja

1. Ampelas sekitar 4 cm logam magnesium. Jepit salah satu ujungnya dengan penjepit logam. Bakar ujung lainnya dengan pembakar bunsen. Amati warna abu hasil pembakaran.
2. Kumpulkan abu hasil pembakaran ke dalam cawan porselen, lalu teteskan 5 tetes air ke dalam cawan.
3. Celupkan lakmus merah dan lakmus biru ke dalam larutan. Amati perubahan warna lakmus.
4. Masukkan sedikit belerang ke dalam sendok bakar yang telah dipasang gabus penyumbat tabung. Bakarlah dengan menggunakan pembakar bunsen di lemari asam.
5. Celupkan sendok bakar ke dalam labu erlenmeyer yang berisi air dan kertas lakmus merah dan biru. Amati perubahan warna lakmus.
6. Tuangkan 2 mL larutan  $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$  0,1 M ke dalam tabung reaksi. Teteskan larutan amoniak hingga terbentuk endapan.
7. Bagi endapan menjadi dua bagian. Masukkan setiap bagian ke dalam tabung reaksi. Teteskan larutan  $\text{NaOH}$  ke dalam tabung reaksi 1 dan larutan  $\text{H}_2\text{SO}_4$  ke dalam tabung reaksi 2. Amati reaksi yang terjadi.
8. Tuliskan hasil pengamatan Anda pada tabel berikut.

Zat	Perubahan warna		Sifat
	Lakmus merah	Lakmus biru	

Jawablah pertanyaan berikut untuk menarik kesimpulan.

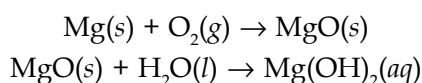
1. Senyawa apakah yang terbentuk dari hasil reaksi belerang dan air?
2. Senyawa apakah yang terbentuk dari hasil reaksi magnesium dan air?
3. Senyawa apakah yang terbentuk dari hasil reaksi  $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$  dan amoniak?
4. Bagaimanakah sifat senyawa yang terbentuk dari hasil reaksi  $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$  dan amoniak?

Kerjakanlah secara berkelompok dan diskusikanlah hasil yang Anda peroleh.

Bandingkanlah hasil penyelidikan Anda dengan penjelasan berikut.

Unsur-unsur dalam periode ketiga terdiri atas unsur logam dan nonlogam. Jika direaksikan dengan air, unsur-unsur tersebut dapat membentuk senyawa asam atau basa. Unsur-unsur logam cenderung membentuk senyawa basa, sedangkan senyawa nonlogam cenderung membentuk senyawa asam. Sifat asam atau basa senyawa-senyawa tersebut dapat diamati dengan menggunakan kertas lakmus.

Pembakaran logam Mg akan menghasilkan senyawa oksida  $\text{MgO}$ . Jika direaksikan dengan air,  $\text{MgO}$  ini dapat membentuk senyawa basa  $\text{Mg}(\text{OH})_2$ .



Hasil pengujian dengan kertas lakmus menunjukkan bahwa  $\text{Mg}(\text{OH})_2$  bersifat basa karena kertas lakmus merah berubah menjadi biru, sedangkan kertas lakmus biru tidak berubah warna.

## Kupas Tuntas

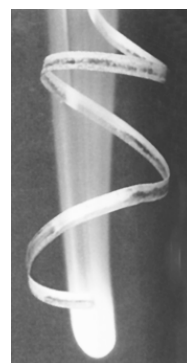
Unsur periode ketiga yang terdapat bebas di alam ....

- A. Si dan Cl
- B. Cl dan Ar
- C. P dan S
- D. S dan Cl
- E. Ar dan S

Pembahasan

Argon terdapat di udara sebagai gas mulia (bebas) dan sulfur dijumpai di kawah gunung sebagai unsur bebas. Jadi, unsur periode ketiga yang terdapat bebas di alam adalah (E) Ar dan S.

UMPTN 1999

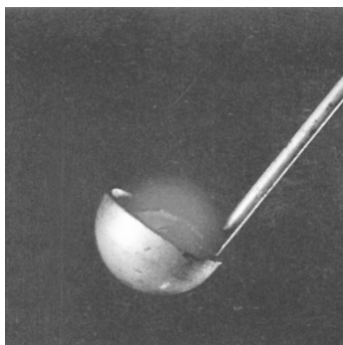


Sumber: Chemistry (Chang), 2002

### Gambar 3.12

Magnesium terbakar di udara membentuk magnesium oksida dan magnesium nitrida memancarkan warna nyala yang terang.



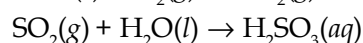
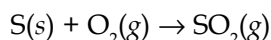


Sumber: Chemistry (Chang), 2002

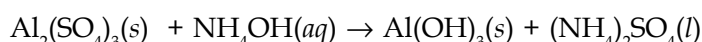
**Gambar 3.13**

Sulfur terbakar di udara membentuk sulfur dioksida menghasilkan warna biru.

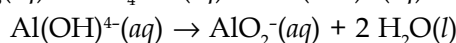
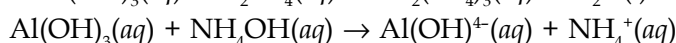
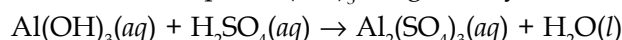
Pembakaran unsur belerang akan menghasilkan senyawa oksida gas  $\text{SO}_2$ . Jika direaksikan dengan air,  $\text{SO}_2$  ini dapat membentuk senyawa asam  $\text{H}_2\text{SO}_3$ . Bagaimanakah sifat senyawa ini? Kertas lakmus merah yang berada dalam labu erlenmeyer tidak berubah, sedangkan kertas lakmus biru justru berubah menjadi merah. Hal ini menunjukkan bahwa  $\text{H}_2\text{SO}_3$  bersifat asam.



Reaksi antara  $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$  dan amoniak ( $\text{NH}_4\text{OH}$ ) akan menghasilkan endapan  $\text{Al}(\text{OH})_3$  dan larutan  $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$  dengan reaksi sebagai berikut.



Tahukah Anda, bagaimana sifat dari endapan  $\text{Al}(\text{OH})_3$ ? Sifat ini dapat diamati dengan mereaksikan endapan  $\text{Al}(\text{OH})_3$  dengan senyawa asam atau basa.



$\text{Al}(\text{OH})_3$  dapat bereaksi dengan asam dan basa sehingga  $\text{Al}(\text{OH})_3$  disebut senyawa amfoter.

Berdasarkan penjelasan di atas, dapat disimpulkan bahwa:

**Dari kiri ke kanan dalam sistem periodik unsur (semakin besar nomor atom), sifat logam semakin lemah, sifat nonlogam semakin kuat, sifat asam semakin kuat, dan sifat basa semakin lemah.**

## 5. Kesadahan

Air sadah (*hard water*) adalah air yang mengandung ion kalsium dan ion magnesium. Ada dua jenis kesadahan, yaitu kesadahan sementara dan kesadahan tetap. Kesadahan sementara adalah kesadahan yang disebabkan adanya garam bikarbonat dari magnesium dan kalsium, sedangkan kesadahan tetap adalah kesadahan yang disebabkan adanya garam sulfat, klorida, dan nitrat dari magnesium dan kalsium. Air sadah merugikan karena menyebabkan sabun tidak berbusa, bersifat mempercepat korosi, dan membentuk kerak pada peralatan logam. Bagaimanakah cara menghilangkan kesadahan? Untuk mengetahuinya, lakukanlah kegiatan berikut.

### **Selidikilah 3.7**

#### Menghilangkan Kesadahan

##### Tujuan

Menyelidiki kesadahan air dan proses penghilangannya

##### Alat dan Bahan

- |                      |                      |                                 |
|----------------------|----------------------|---------------------------------|
| 1. Gelas kimia 1 L   | 4. Gelas ukur        | 7. Kalsium bikarbonat           |
| 2. Pembakar spiritus | 5. Neraca            | 8. Kalsium klorida              |
| 3. Batang pengaduk   | 6. Air bebas mineral | 9. Larutan natrium karbonat 1 M |

Sebelum memulai percobaan carilah informasi mengenai senyawa yang akan digunakan, meliputi sifat kimia senyawa, cara penggunaan, dan penanganannya.

##### Langkah Kerja

- Masukkan 5 gram serbuk kalsium bikarbonat ke dalam gelas kimia berisi 1 L air bebas mineral. Kemudian, aduk hingga semua larut.
- Cuci tangan Anda menggunakan sabun dan air yang diperoleh pada langkah 1. Amati busa yang dihasilkan.
- Panaskan air tersebut sebanyak 500 mL hingga mendidih selama 1 jam.

## Kata Kunci

Air sadah

4. Dinginkan, kemudian pisahkan endapannya.
5. Selanjutnya, cuci tangan Anda menggunakan sabun dan larutan yang telah dipisahkan dari endapannya. Amati busa yang dihasilkan.
6. Masukkan 5 gram serbuk kalsium klorida ke dalam gelas kimia berisi air bebas mineral 1 L. Kemudian, aduk hingga semua larut. Cuci tangan Anda menggunakan sabun dan air yang diperoleh. Amati busa yang dihasilkan.
7. Tuangkan 50 mL natrium karbonat 1 M ke dalam 500 mL air sadah tetap. Aduk, lalu biarkan hingga endapan terpisah. Pisahkan endapan dan larutan. Cuci tangan Anda menggunakan sabun dan larutan yang telah dipisahkan dari endapannya. Amati busa yang dihasilkan.

**Jawablah pertanyaan berikut untuk menarik kesimpulan.**

1. Apakah perbedaan antara kesadahan sementara dan kesadahan tetap?
2. Apakah tanda bahwa air mengandung air sadah?
3. Bagaimanakah cara menghilangkan kesadahan sementara?
4. Bagaimanakah cara menghilangkan kesadahan tetap?

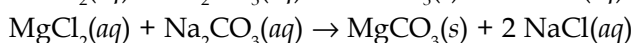
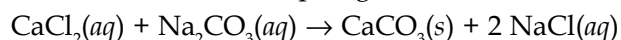
*Kerjakanlah secara berkelompok dan diskusikan hasil yang diperoleh.*

Bandingkanlah kesimpulan yang Anda peroleh dengan penjelasan berikut.

Anda pasti telah mengetahui perbedaan antara kesadahan sementara dan kesadahan tetap. Perbedaannya terletak pada kandungan anionnya. Kesadahan sementara mengandung ion bikarbonat, sedangkan kesadahan tetap mengandung ion sulfat, klorida, dan nitrat. Kesadahan air dapat diamati dari busa sabun yang dihasilkan. Air yang bersadah busanya sedikit atau bahkan tidak menghasilkan busa. Kesadahan sementara dapat dihilangkan dengan cara pemanasan. Pemanasan air sadah sementara mengakibatkan garam bikarbonat akan terdekomposisi menjadi garam karbonat, gas karbon dioksida, dan air.

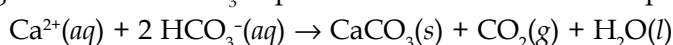


Bagaimana dengan kesadahan tetap? Air yang mengandung kesadahan tetap dapat dihilangkan dengan beberapa cara, di antaranya pengendapan, kondensasi, dan penukar ion. Penghilangan kesadahan tetap dengan cara pengendapan merupakan cara yang banyak digunakan karena murah, mudah, dan praktis. Cara ini menghilangkan garam kalsium klorida atau magnesium klorida dengan cara membentuk endapan garam karbonat.



Cara lain menghilangkan kesadahan tetap adalah cara kondensasi dan resin penukar ion. Pada cara kondensasi, air sadah dididihkan, lalu uapnya diembunkan. Uap yang dihasilkan telah bebas air sadah. Adapun dengan cara resin penukar ion, ion-ion yang terkandung dalam air sadah dihilangkan dengan cara pengikatan ion-ion penyebab kesadahan oleh resin penukar ion. Ada dua jenis resin penukar ion, yaitu resin penukar ion positif (kation) dan resin penukar ion negatif (anion).

Pada bidang industri, air sadah sangat merugikan. Ketika air yang mengandung ion  $\text{Ca}^{2+}$  dan  $\text{HCO}_3^-$  dipanaskan akan terbentuk endapan  $\text{CaCO}_3$ .



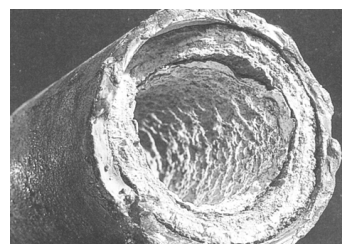
Pembentukan  $\text{CaCO}_3$  akan menyebabkan terbentuknya lapisan pada dinding bagian dalam pipa *boiler* yang dikenal dengan nama *boiler scale*. Lapisan yang terbentuk pada dinding bagian dalam pipa *boiler* tersebut menyebabkan transfer panas terhambat sehingga dapat mengurangi efisiensi dan daya tahan *boiler*. Menurut Anda, adakah keuntungan dari air sadah ini? Bagaimana sikap Anda jika air di rumah Anda merupakan air sadah?

## Anda Harus Ingat

Kesadahan sementara adalah kesadahan yang disebabkan adanya garam bikarbonat dari magnesium dan kalsium, sedangkan kesadahan tetap adalah kesadahan yang disebabkan adanya garam sulfat, klorida, dan nitrat dari magnesium dan kalsium.

### You Must Remember

Temporary hardness is caused by bicarbonate salt from magnesium and potassium, while permanent hardness is caused by sulfate salt, chloride salt, and nitrate salt from magnesium and potassium.



Sumber: Chemistry: Matter and Its Changes, 2004

### Gambar 3.14

Pembentukan lapisan  $\text{CaCO}_3$  pada dinding bagian dalam pipa boiler.



## Soal Penguasaan Materi 3.2

Kerjakanlah di dalam buku latihan Anda.

1. Jelaskanlah sifat fisis unsur-unsur golongan alkali tanah.
2. Jelaskanlah sifat asam-basa unsur-unsur periode ketiga.
3. Bagaimanakah cara membedakan unsur-unsur golongan alkali dan alkali tanah?
4. Bagaimanakah cara menghilangkan kesadahan sementara?
5. Bagaimanakah cara menghilangkan kesadahan tetap?
6. Apakah dampak negatif air sadah pada bidang industri?

### C Kegunaan dan Pembuatan Unsur-Unsur Kimia dan Senyawanya

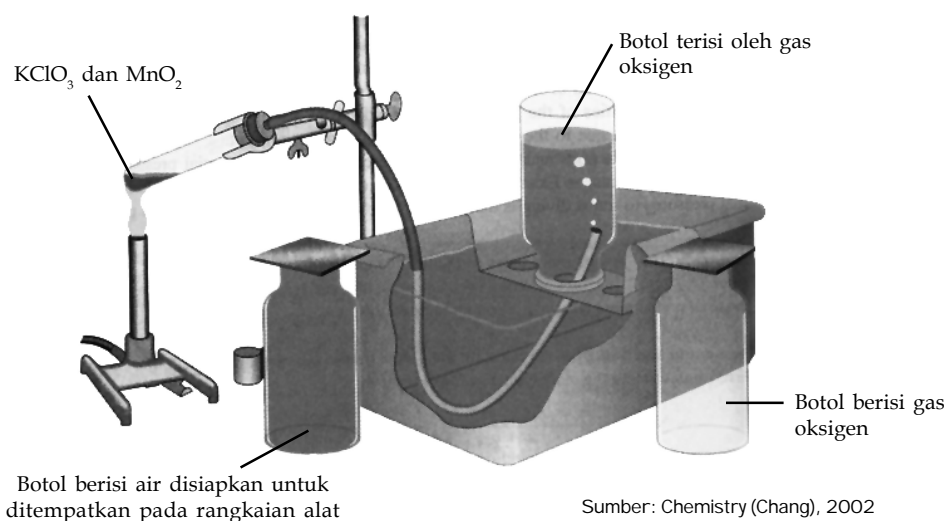
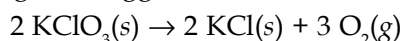
#### 1. Nonlogam

Unsur-unsur yang termasuk nonlogam, di antaranya oksigen, nitrogen, karbon, dan fosfor. Tahukah Anda kegunaan dari unsur-unsur tersebut? Bagaimanakah cara mendapatkannya?

##### a. Oksigen

Di alam, unsur oksigen terdapat dalam bentuk gas oksigen. Gas oksigen diperlukan dalam pembakaran dan proses metabolisme tubuh. Pada bidang industri, oksigen digunakan sebagai zat pengoksidasi dan bahan baku pembuatan berbagai senyawa. Gas oksigen digunakan oleh penyelam, antariksawan, dan penderita penyakit tertentu untuk pernapasan. Campuran gas oksigen dan nitrogen cair digunakan sebagai bahan bakar roket untuk mendorong pesawat ruang angkasa.

Pembuatan gas oksigen di laboratorium dilakukan dengan cara memanaskan  $\text{KClO}_3$  dengan menggunakan katalis  $\text{MnO}_2$ .



Gambar 3.15

Pembuatan gas oksigen di laboratorium

Sumber: Chemistry (Chang), 2002

Adapun pembuatan gas oksigen pada skala industri dilakukan dengan cara distilasi bertingkat.

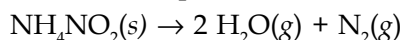
##### b. Nitrogen

Unsur nitrogen biasa digunakan sebagai pupuk, misalnya:

1. Pupuk urea,  $\text{CO}(\text{NH}_2)_2$ , mengandung 46 % nitrogen
2. Pupuk ZA (zwafel amonium),  $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ , mengandung 21 % nitrogen

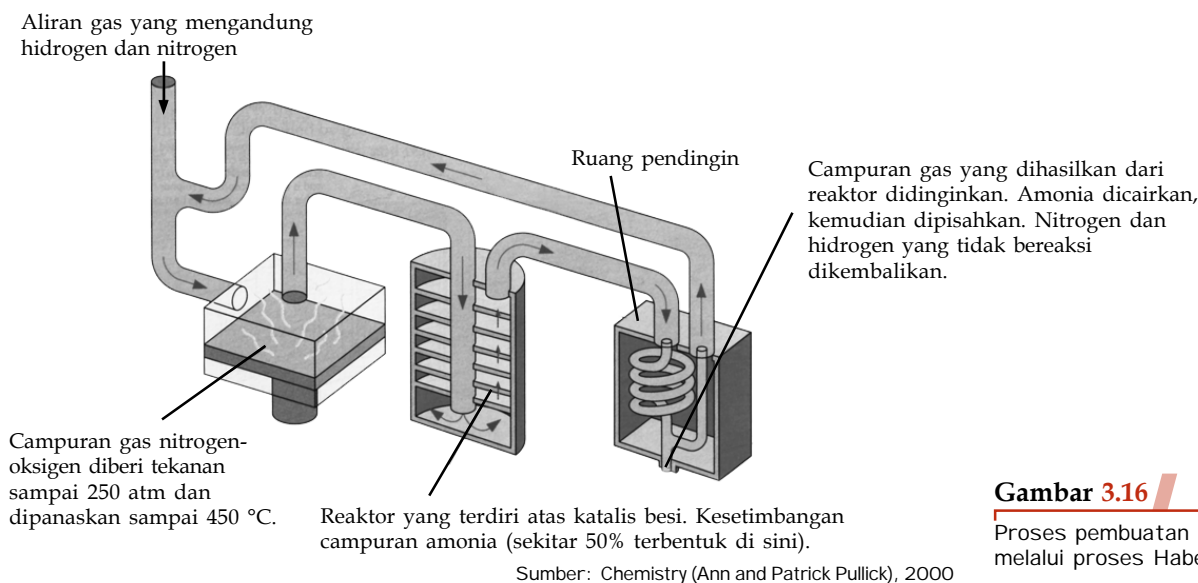
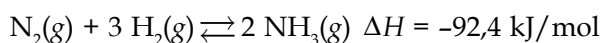
3. Pupuk amonia atau  $\text{NH}_3$
4. Pupuk amonium nitrat atau  $\text{NH}_4\text{NO}_3$
5. Pupuk kalium nitrat atau  $\text{KNO}_3$

Pembuatan gas nitrogen di laboratorium dilakukan dengan cara menguraikan amonium nitrit melalui pemanasan.



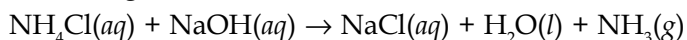
Pada skala industri, gas nitrogen diperoleh dengan cara distilasi bertingkat udara cair. Mula-mula, udara disaring untuk membersihkan dari debu. Setelah itu, udara bersih dimampatkan sehingga suhu meningkat, kemudian dilakukan pendinginan. Pada tahap ini, air dan karbon dioksida sudah mencair dan dapat dipisahkan dengan cara mengalirkan melalui beberapa menara pendingin. Menara-menara pendingin ini memiliki ukuran yang berbeda-beda. Mula-mula, udara dialirkan ke menara kecil, kemudian dialirkan ke menara yang lebih besar sehingga udara turun dan sebagian udara akan mencair. Udara yang belum mencair disirkulasikan lagi dengan cara dialirkan kembali ke dalam kompresor.

Selain digunakan sebagai pupuk, nitrogen juga digunakan sebagai bahan baku pembuatan amonia pada skala industri. Amonia digunakan sebagai bahan pengawet dalam makanan kemasan untuk memperpanjang masa penggunaan dan sebagai bahan pendingin. Amonia diperoleh melalui proses **Haber-Bosch**.



**Gambar 3.16**  
Proses pembuatan amonia melalui proses Haber-Bosch

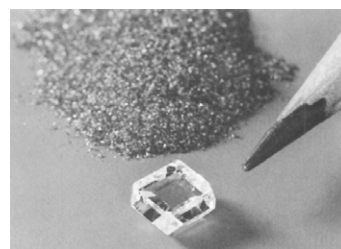
Pembuatan amonia di laboratorium dilakukan dengan cara mereaksikan amonium klorida dengan natrium hidroksida.



### c. Karbon

Pernahkah Anda melihat pensil, intan, dan arang untuk membakar sate? Ketiga benda tersebut tersusun atas unsur yang sama, yaitu unsur karbon. Bentuk-bentuk yang berbeda dari unsur yang sama disebut **alotrop**. Meskipun arang, pensil, dan intan tersusun atas unsur yang sama, tetapi memiliki sifat yang berbeda.

Intan dapat digunakan sebagai perhiasan, alat pemotong kaca, mata bor, dan sebagai ampelas benda yang sangat keras, seperti baja tahan karat. Intan memiliki kegunaan seperti itu karena sifat-sifatnya. Intan merupakan zat



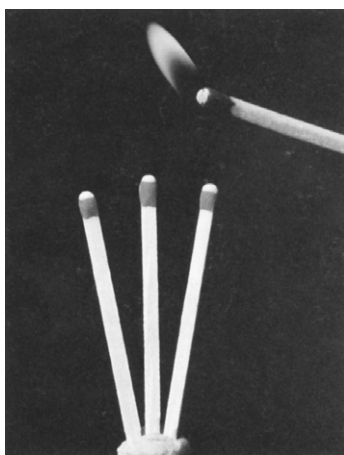
Sumber: Chemistry (Chang), 2002  
**Gambar 3.17**  
Arang, grafit, dan intan.  
Tahukah Anda perbedaan di antara ketiganya?

## Tantangan Kimia



Sumber: Chemistry for You, 2002

Pensil yang biasa digunakan memiliki perbedaan, seperti 2H, H, HB, dan 2B. Menurut Anda, mana yang memberikan warna lebih gelap pada kertas dan pensil mana yang harus lebih sering diserut? Mengapa? Diskusikanlah bersama teman Anda.



Sumber: Chemistry The Molecular Science, 1997

### Gambar 3.18

Fosfor merah digunakan untuk korek api.



Sumber: Science Encyclopedia, 2000

### Gambar 3.19

Sulfur dan mineralnya (pirit)

padat yang bening berkilauan dan merupakan zat yang sangat keras. Selain intan alami, ada juga intan buatan yang dibuat dari grafit melalui pemanasan pada suhu 3.300 °C dan tekanan 125.000 atm.

Grafit digunakan sebagai anode dalam batu baterai dan berbagai proses industri yang menggunakan elektrolisis. Grafit dapat pula digunakan sebagai bahan baku pembuatan pensil. Penggunaan lain dari grafit adalah sebagai bahan pelumas dan komponen dalam pembuatan paduan material (komposit). Grafit memiliki kegunaan seperti yang telah dituliskan karena sifatnya, yaitu berwarna hitam, buram, dapat menghantarkan listrik, mudah dihancurkan menjadi serbuk, licin, dan tahan panas.

Arang dapat digunakan sebagai obat sakit perut. Arang memiliki sifat mengadsorpsi (menjerap) sehingga dapat digunakan untuk mengadsorpsi zat warna dan bahan polutan lain dalam pengolahan air serta mengadsorpsi zat warna yang terdapat dalam air tebu pada pengolahan gula. Tahukah Anda, bagaimana cara memperoleh arang?

#### d. Fosfor

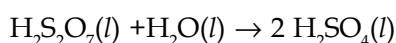
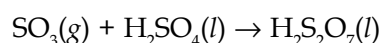
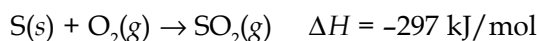
Ada dua jenis unsur fosfor, yaitu fosfor putih dan fosfor merah. Fosfor putih dibuat dengan cara memanaskan batuan fosfat, pasir, dan kokas. Adapun fosfor merah dibuat dengan cara memanaskan fosfor putih pada suhu 240 °C. Sebagian besar fosfor putih digunakan untuk membuat asam fosfat. Fosfor merah digunakan untuk membuat korek api jenis *safety matches*, yaitu korek api biasa.

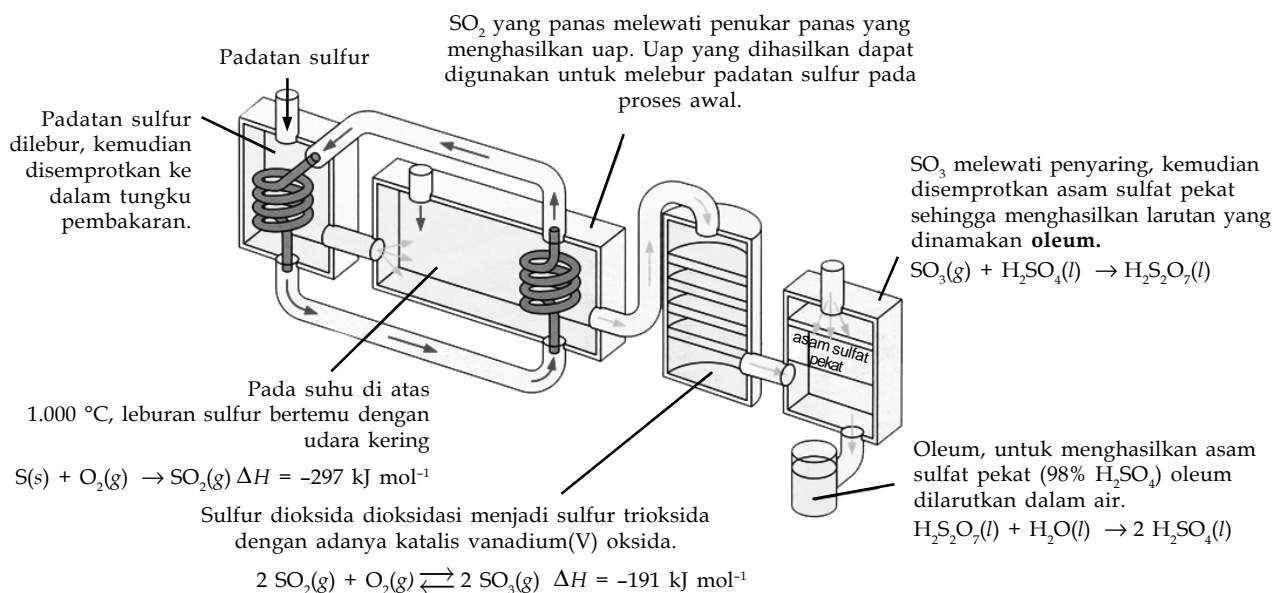
Unsur fosfor juga dapat digunakan untuk membuat senyawa fosfat, misalnya asam fosfat dan natrium trifosfat. Asam fosfat banyak digunakan untuk membuat pupuk super fosfat. Selain itu, asam fosfat digunakan sebagai bahan detergen, bahan pembersih lantai, insektisida, dan makanan hewan. Senyawa natrium trifosfat dan  $\text{Ca}(\text{H}_2\text{PO}_4)_2$  digunakan dalam detergen dengan tujuan untuk mengikat ion-ion kalsium/magnesium dari air sadah. Namun, di balik kegunaannya, senyawa fosfat menimbulkan dampak negatif bagi lingkungan. Penggunaan senyawa fosfat akan menyuburkan pertumbuhan eceng gondok dan ganggang. Jika tumbuhan ini mati, reaksi pembusukannya akan menghabiskan oksigen terlarut sehingga mengganggu kehidupan hewan air.

#### e. Sulfur (Belerang)

Sulfur terdapat di alam berupa mineral, seperti gips ( $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ ) dan pirit ( $\text{FeS}_2$ ). Sulfur juga terdapat di alam berupa gas, seperti  $\text{H}_2\text{S}$  dan  $\text{SO}_2$ .

Sulfur digunakan antara lain dalam pembuatan pupuk, insektisida, fungisida, dan beberapa jenis peledak. Penggunaan sulfur paling banyak adalah pada pembuatan asam sulfat. Asam sulfat diperoleh melalui proses **kontak** dengan menggunakan katalis vanadium(V) oksida. Berikut persamaan reaksi pada proses kontak.





Sumber: Chemistry (Ann and Patrick), 2000

## 2. Logam

Sebagian besar unsur-unsur kimia merupakan logam, seperti besi, aluminium, dan timah. Apakah kegunaan dari logam? Bagaimanakah cara mendapatkannya?

### a. Kegunaan Logam

Besi adalah logam yang paling banyak kegunaannya. Besi banyak digunakan untuk membuat baja. Baja yang dihasilkan sering digunakan untuk membuat mainan anak, perkakas dapur, industri kendaraan, konstruksi bangunan, jembatan, dan rel kereta api. Ada juga baja yang digunakan untuk membuat gunting, obeng, kunci, sendok, dan panci. Baja yang digunakan untuk membuat perkakas-perkakas tersebut adalah baja tahan karat. Pernah mendengar *stainless steel*? *Stainless steel* merupakan paduan antara besi, kromium (14–18 %) dan nikel (7–9 %). Sifatnya yang keras dan liat membuat *stainless steel* digunakan untuk membuat senjata dan kawat.

Aluminium digunakan sebagai bahan baku pembuatan bak truk, komponen kendaraan bermotor, badan pesawat terbang, kusen pintu dan jendela. Benda lain yang memanfaatkan aluminium, di antaranya kemasan berbagai jenis produk makanan, kabel listrik, perabotan rumah tangga, dan barang kerajinan.

Selain dalam bentuk logam, aluminium juga banyak digunakan dalam bentuk senyawanya, misalnya tawas dan alumina. Tawas yang memiliki rumus kimia  $KSO_4Al_2(SO_4)_3 \cdot 24H_2O$  digunakan sebagai penjernih pada pengolahan air minum. Bagaimana dengan alumina? Senyawa yang memiliki rumus kimia  $Al_2O_3$  ini terdapat dalam dua bentuk, yaitu alfa-alumina dan gama-alumina. Gama-alumina diperoleh dari pemanasan  $Al(OH)_3$  pada suhu di bawah 500 °C, sedangkan alfa-alumina diperoleh dari pemanasan  $Al(OH)_3$  pada suhu di atas 1.000 °C. Gama-alumina digunakan sebagai bahan baku pembuatan aluminium, pasta gigi, keramik, dan gelas. Adapun alfa-alumina yang dapat ditemukan di alam sebagai korundum digunakan untuk ampelas atau gerinda. Beberapa jenis batu mulia, seperti rubi, safir, dan topaz merupakan alfa-alumina yang mengandung senyawa unsur logam transisi yang memberi warna pada batu tersebut. Rubi berwarna merah karena mengandung senyawa kromium(III), safir berwarna biru karena mengandung senyawa besi(II), besi(III), dan titan(IV), sedangkan topaz berwarna kuning karena mengandung besi(III).

**Gambar 3.20**

Pembuatan asam sulfat melalui proses kontak

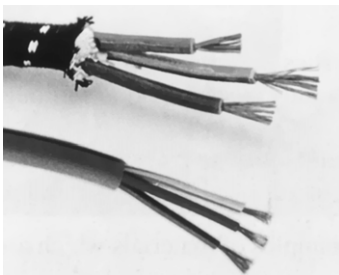


Sumber: Chemistry for You, 2001

**Gambar 3.21**

Penggunaan stainless steel pada peralatan bedah





Sumber: Science Discovery, 1991

### Gambar 3.22

Tembaga digunakan sebagai kabel listrik.

## Fakta Kimia

### Phytomining

Phytomining (proses penambangan logam dengan menggunakan tanaman) telah dicoba di California, tanaman *Streptanthus polygaloides* ditanam pada tanah yang banyak mengandung nikel. Tanaman tersebut menyerap nikel hingga 1% dari massa keringnya. Tanaman dibakar menjadi abu (bio-ores), lalu dilebur untuk menghasilkan logamnya (nikel). Proses pembakaran tanaman menjadi abu menghasilkan energi yang digunakan untuk menjalankan generator listrik pada proses ekstraksi.

Para peneliti sedang mengembangkan kemungkinan phytomining untuk logam, seperti talium, timbal, kobalt, dan emas.

Sumber: <http://www.epa.gov>

Logam-logam lainnya adalah timah, nikel, tembaga, perak, dan emas. Timah digunakan untuk membuat kaleng (*tin plate*) berbagai macam produk dan melapisi kaleng yang terbuat dari besi sehingga mencegah besi berkarat. Kegunaan lain timah adalah untuk membuat logam campur, misalnya perunggu (paduan timah, tembaga, seng) dan *solder* (paduan timah dan timbal).

Nikel digunakan untuk melapisi barang yang terbuat dari besi, tembaga, dan baja karena nikel memiliki sifat keras, tahan korosi, dan mudah mengilap jika digosok. Kegunaan lain dari nikel adalah untuk membuat paduan dengan tembaga dan beberapa logam lain, misalnya monel (paduan Ni, Cu, Fe), nikrom (paduan Ni, Fe, Cr), dan alnico (paduan Al, Ni, Fe, Co).

Tembaga banyak digunakan sebagai kawat listrik dan logam paduan. Beberapa logam paduan yang mengandung tembaga antara lain kupronikel (75% Cu dan Ni 25%) digunakan untuk membuat koin, duralium (Al 96% dan Cu 4%) digunakan untuk komponen pesawat, dan kuningan (Cu 70% dan Zn 30%) digunakan sebagai bahan alat musik dan berbagai aksesoris.

Istilah emas dan perak tentu sudah tidak asing lagi bagi olahragawan. Emas dan perak biasanya digunakan sebagai bahan medali pemenang kejuaraan. Selain untuk medali, perak digunakan juga sebagai perkakas perak, barang kerajinan, dan perhiasan. Senyawa perak, seperti perak bromida dan perak iodida digunakan untuk pembuatan film dan kertas foto. Senyawa ini mudah terurai jika terkena cahaya, menghasilkan perak yang menyebabkan terbentuknya bayangan pada negatif foto. Adapun kegunaan utama emas adalah sebagai perhiasan dan mata uang.

### b. Pengolahan Logam

Logam-logam diperoleh atau dibuat dengan teknik yang dinamakan metalurgi, yaitu proses pengolahan bahan-bahan alam menjadi logam. Bahan-bahan alam tersebut ditemukan di kerak bumi dan dikenal dengan istilah mineral, misalnya pirit, bauksit, dan aluminosilikat. Adapun mineral yang dapat dijadikan sumber untuk memproduksi logam secara komersial disebut bijih logam. Bijih logam biasanya berupa oksida, sulfida, karbonat, silikat, halida, dan sulfat.

Pada industri metalurgi pengolahan bijih terbagi atas tiga tahapan, yaitu pemekatan bijih, peleburan, dan pemurnian. Selain mengandung logam, bijih logam juga mengandung batuan tak berharga yang disebut batureja. Untuk itulah bijih logam dipekatkan untuk menghilangkan sebanyak mungkin batureja. Bijih dihancurkan dan digiling sehingga butiran terlepas dari batureja. Selanjutnya, logam dipisahkan dengan cara fisis, seperti pengapungan (flotasi) dan penarikan dengan magnet.

Peleburan (*melting*) adalah proses reduksi bijih menjadi unsur logam dengan menggunakan reduktor maupun elektrolisis. Zat reduktor yang dapat digunakan adalah karbid, hidrogen, logam aktif atau dengan cara elektrolisis. Pemilihan reduktor ini bergantung pada kereaktifan setiap zat. Semakin reaktif logam, semakin sukar direduksi sehingga diperlukan reduktor yang lebih kuat. Logam yang kereaktifannya kecil, seperti tembaga dan emas dapat direduksi hanya dengan pemanasan. Logam dengan kereaktifan sedang, seperti besi, nikel, dan timah, dapat direduksi dengan menggunakan karbon. Adapun logam yang kereaktifannya tinggi, seperti magnesium dan aluminium, dapat direduksi dengan elektrolisis. Untuk mengikat pengotor seringkali ditambahkan fluks. Fluks adalah suatu bahan yang dapat mengikat pengotor dan menghasilkan zat yang mudah mencair (terak).

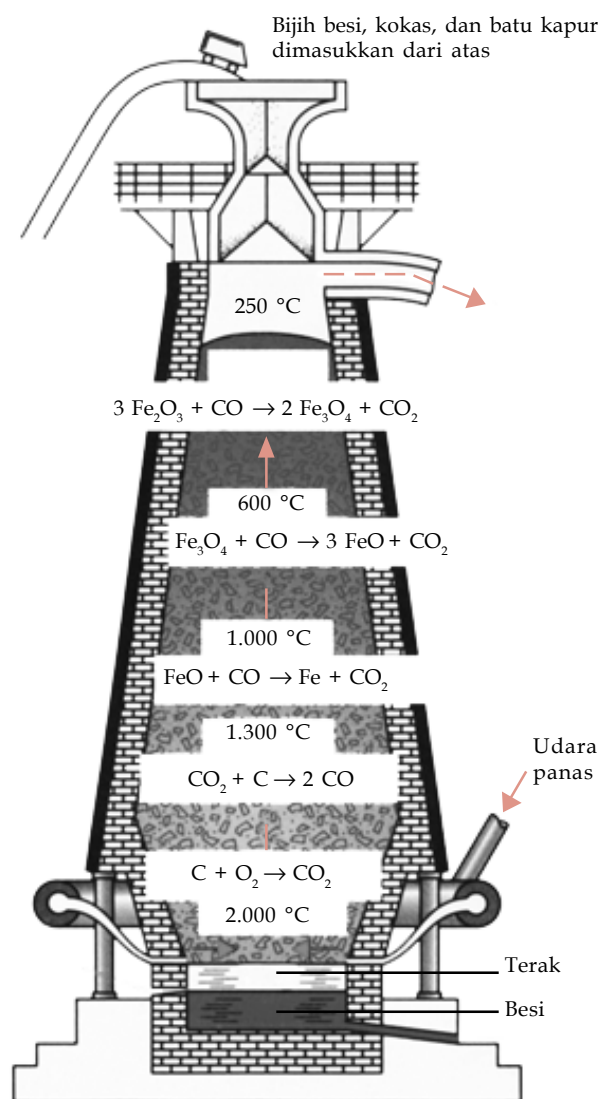
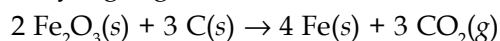
Tahap terakhir adalah pemurnian (*refining*) logam. Ada beberapa cara pemurnian, di antaranya elektrolisis, distilasi, peleburan ulang, dan pemurnian zona. Elektrolisis biasanya digunakan untuk memurnikan tembaga dan nikel.

Adapun proses distilasi digunakan untuk memurnikan seng dan raksa. Sedangkan proses peleburan ulang digunakan untuk memurnikan besi.

Berikut ini akan diuraikan beberapa pengolahan logam, seperti besi, aluminium, timah, dan tembaga.

### 1) Pengolahan besi

Pengolahan besi terdiri atas dua tahap, yaitu peleburan untuk mereduksi bijih besi sehingga menjadi besi dan peleburan ulang untuk membuat baja. Peleburan besi dilakukan dalam *blast furnace*. *Blast furnace* adalah suatu bangunan yang tingginya sekitar 30 meter dan memiliki diameter sekitar 8 meter. *Blast furnace* terbuat dari baja tahan karat yang dilapisi dengan bata tahan panas. Pereduksi yang digunakan adalah karbon.



Sumber: Chemistry: Matter and Its Changes, 2004

**Gambar 3.23** /  
Pengolahan besi dari bijihnya

Ke dalam *blast furnace* dimasukkan bijih besi yang terkotori pasir, karbon (kokas) sebagai zat pereduksi, dan batu kapur ( $\text{CaCO}_3$ ) untuk mengikat kotoran pasir. Suhu reaksi yang tinggi menyebabkan besi mencair. Besi ini disebut besi cair atau besi gubal (*pig iron*).

## Legenda

### Kimia



Sir Henry Bessemer (1813 – 1898) membuat perubahan besar dalam proses mengubah besi cor langsung menjadi baja dengan membakar campuran ini dalam alat konservasi baja yang dibuatnya. Proses yang lebih singkat dan biaya produksi yang lebih rendah membuat baja langsung tersedia dalam jumlah besar untuk pertama kalinya.

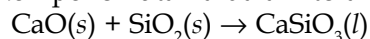
Sumber: Jendela IPTEK: Kimia, 1993

Besi cair dialirkan ke dalam cetakan untuk membuat besi tuang (*cast iron*) yang mengandung 3–4% karbon dan sedikit pengotor lain, seperti Mn, Si, P. Besi yang mengandung karbon sangat rendah (0,005–0,2%) disebut besi tempa (*wrought iron*).

Batu kapur berfungsi untuk mengikat pengotor yang bersifat asam, seperti  $\text{SiO}_2$  membentuk terak. Mula-mula, batu kapur terurai membentuk kalsium oksida ( $\text{CaO}$ ) dan karbon dioksida ( $\text{CO}_2$ ).



Kemudian, kalsium oksida bereaksi dengan pasir membentuk kalsium silikat yang merupakan komponen utama dalam terak.

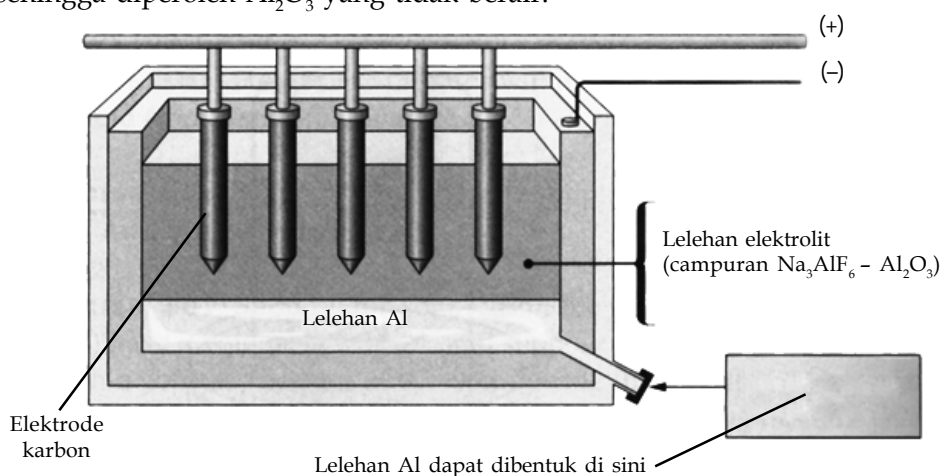


Terak ini mengapung di atas besi cair dan harus dikeluarkan dalam selang waktu tertentu.

Besi lebih bagus jika digunakan dalam bentuk baja karena baja tahan korosi. Baja dapat dibuat dengan cara peleburan ulang besi gubal. Mula-mula, kadar karbon dalam besi gubal diturunkan dari 3–4% menjadi 0–1,5%. Caranya, yaitu mengoksidasikannya dengan oksigen. Kemudian, Si, Mn, P, serta pengotor lain dibuang dengan cara membuat terak. Terakhir, ke dalam lelehan besi ditambahkan logam, seperti Cr, Ni, Mn, V, Mo, dan W sesuai dengan jenis baja yang diinginkan. Penambahan logam ini untuk mencegah pengarat pada baja. Pencegahan pengarat pada baja juga dapat dilakukan dengan menggunakan lapisan pelindung, menggunakan logam yang dapat dikorbankan, atau melindunginya secara katodik.

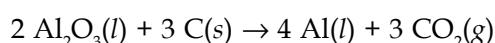
## 2) Pengolahan aluminium

Pengolahan aluminium dilakukan dengan proses **Hall-Heroult**. Proses ini terdiri atas 2 tahap, yaitu pemurnian bauksit untuk memperoleh alumina murni dan peleburan/reduksi alumina dengan elektrolisis. Dalam pemurnian bauksit, bauksit direaksikan dengan  $\text{NaOH}$  membentuk  $\text{NaAl}(\text{OH})_4$ . Kemudian, larutan disaring dan filtrat yang mengandung  $\text{NaAl}(\text{OH})_4$  diasamkan dengan mengalirkan gas  $\text{CO}_2$ . Aluminium akan mengendap sebagai  $\text{Al}(\text{OH})_3$ . Terakhir,  $\text{Al}(\text{OH})_3$  disaring, dikeringkan, dan dipanaskan sehingga diperoleh  $\text{Al}_2\text{O}_3$  yang tidak berair.



Sumber: Chemistry: Matter and Its Changes, 2004

Tahap selanjutnya adalah peleburan alumina menggunakan sel elektrolisis. Sel ini terdiri atas wadah besi berlapis grafit yang sekaligus berfungsi sebagai katode, sedangkan yang bertindak sebagai anode adalah grafit. Campuran  $\text{Al}_2\text{O}_3$  dan kriolit ( $\text{Na}_3\text{AlF}_6$ ) dipanaskan hingga mencair sampai pada suhu  $950^\circ\text{C}$  untuk kemudian dielektrolisis.





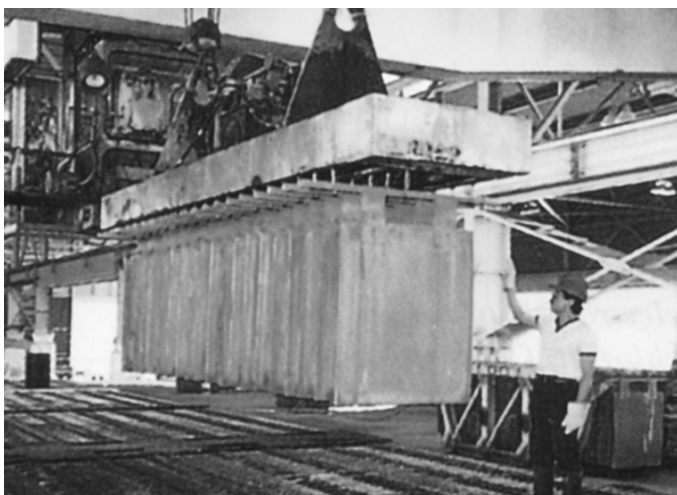
Aluminium yang dihasilkan berwujud cair dan terkumpul di dasar wadah. Lelehan aluminium lalu dikeluarkan secara periodik ke dalam cetakan untuk menghasilkan aluminium batangan.

### 3) Pengolahan timah

Seperti halnya pengolahan logam lainnya, tahap awal pengolahan timah adalah pemekatan. Setelah dipekatkan, bijih timah dipanggang hingga arsenik dan belerang terpisahkan dalam bentuk oksida-oksida yang mudah menguap. Kemudian, bijih timah yang telah dipisahkan itu direduksi dengan menggunakan karbon. Timah cair yang terkumpul di dasar tanur kemudian dialirkan ke dalam cetakan untuk mendapatkan timah batangan. Oleh karena timah ini masih tergolong kasar maka perlu dimurnikan. Pemurnian timah dapat dilakukan dengan dua teknik, yaitu *High Tention Separator* dan *Magnete Separator*.

### 4) Pengolahan tembaga

Bijih tembaga dihaluskan dengan alat peremuk batuan. Bijih dicampur air sehingga terbentuk *slurry* (bubur), lalu dimasukkan ke tangki sel flotasi agar terpisah dari mineral pengotor. Akhirnya, diperoleh konsentrat Cu dalam bentuk logam Cu dengan kadar tinggi.



Sumber: Chemistry: Matter and Its Changes, 2004

**Gambar 3.25**

Proses pemurnian tembaga menggunakan elektrolisis.

Proses selanjutnya adalah penghilangan air yang dilakukan dalam pabrik *dewatering plant*. Tahap akhirnya adalah ekstraksi tembaga murni dari konsentrat tembaga dengan cara elektrolisis (dengan arus listrik).

## Buktikan *oleh Anda*

Carilah informasi dari media cetak atau situs internet mengenai dampak yang ditimbulkan terhadap lingkungan dengan adanya proses penambangan emas pada suatu wilayah.

Kerjakanlah secara berkelompok dan presentasikan hasil yang diperoleh di depan kelas.

## Soal Penguasaan Materi 3.3

Kerjakanlah di dalam buku latihan Anda.

1. Tuliskanlah contoh unsur-unsur nonlogam beserta kegunaannya.
2. Tuliskanlah contoh unsur-unsur logam beserta kegunaannya.
3. Jelaskanlah tahap-tahap dalam pengolahan suatu logam.

## D Penentuan Kadar Unsur Kimia dalam Suatu Produk

### 1. Bahan Pemutih

Bahan kimia yang biasa digunakan sebagai pemutih pakaian adalah natrium hipoklorit dan hidrogen peroksida. Kedua bahan kimia ini berwujud cair dan bersifat multifungsi. Selain sebagai pemutih, natrium hipoklorit dan hidrogen peroksida dapat juga digunakan sebagai desinfektan. Natrium hipoklorit lebih banyak digunakan daripada hidrogen peroksida. Kadar natrium hipoklorit dapat ditentukan dengan cara titrasi. Bagaimana caranya? Lakukanlah kegiatan berikut.

### Selidikilah 3.8

#### Penentuan Kadar Natrium Hipoklorit dalam Bahan Pemutih

##### Tujuan

Menentukan kadar natrium hipoklorit dalam bahan pemutih

##### Alat dan Bahan

1. Buret
2. Erlenmeyer
3. Botol semprot
4. Tisu
5. Cairan pemutih pakaian
6. Kalium iodida (KI)
7. Larutan  $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$  0,1 M
8. Larutan amilum 2%
9. Larutan  $\text{H}_2\text{SO}_4$  1 M

Sebelum memulai percobaan carilah informasi mengenai senyawa yang akan digunakan, meliputi sifat kimia senyawa, cara penggunaan, dan penanganannya.

##### Langkah Kerja

1. Encerkan cairan pemutih pakaian sebanyak 10–15 kali.
2. Isi buret dengan larutan  $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$  0,1 M. Tuangkan sebanyak 25 mL cairan pemutih ke dalam labu erlenmeyer.
3. Tuangkan 5 mL  $\text{H}_2\text{SO}_4$  1 M dan masukkan 1 g KI ke dalam labu erlenmeyer, lalu goyang-goyang hingga larut.
4. Titrasi dengan  $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$  0,1 M hingga larutan berwarna kuning.
5. Tambahkan 5 mL amilum 2%. Kocok, kemudian lanjutkan titrasi hingga terjadi perubahan warna larutan dari biru menjadi tidak berwarna.
6. Ulangi langkah kerja nomor 1–4.
7. Catat hasil pengamatan Anda pada tabel berikut.

Titration	Volume $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$ (mL)	Volume Cairan Pemutih (mL)

8. Gunakan rumus perhitungan berikut untuk menentukan konsentrasi natrium hipoklorit.

$$V \text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3 \times N \text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3 = V \text{NaOCl} \times N \text{NaOCl}$$

9. Tentukan massa NaClO dalam larutan.
  10. Tentukan kadar massa per volume NaClO dalam cairan pemutih.
  11. Carilah informasi kadar massa per volume NaClO dalam cairan pemutih, lalu bandingkan dengan hasil yang Anda peroleh.
- Kerjakanlah secara berkelompok dan diskusikanlah hasil yang Anda peroleh.

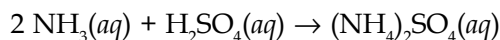
## 2. Pupuk

Tanaman membutuhkan unsur-unsur N, P, dan K untuk pertumbuhannya. Nitrogen diperlukan untuk protein pada daun dan batang, fosfor diperlukan untuk mempercepat pertumbuhan akar dan pematangan buah, dan kalium berguna untuk melindungi tanaman dari penyakit.

Tanaman tidak selalu memperoleh unsur-unsur N, P, dan K dari dalam tanah. Oleh karena itu, petani biasanya menaburkan pupuk untuk memperoleh kualitas tanaman yang baik.

Amonia cair dapat digunakan langsung sebagai pupuk dengan cara penyuntikan pada tanah. Akan tetapi, cara ini memiliki beberapa kekurangan. Amonia akan menyebabkan tanah menjadi bersifat basa dan nitrogen menjadi berkurang karena adanya penguapan gas amonia. Akan lebih mudah untuk menyebarkan pupuk dalam bentuk padatan. Untuk mendapatkan pupuk nitrogen yang berupa padatan, kita dapat mereaksikan amonia dan asam. Ingatkah Anda bahwa garam dapat terbentuk dari reaksi asam dan basa?

Asam sulfat dapat menetralkan larutan amonia menghasilkan garam amonia sulfat.



Unsur nitrogen di dalam pupuk dapat diperoleh dari pupuk amonium sulfat  $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ , amonium nitrat  $\text{NH}_4\text{NO}_3$ , dan urea  $\text{CO}(\text{NH}_2)_2$ . Untuk menentukan kadar unsur tersebut dalam pupuk, perhatikanlah contoh berikut.

### Contoh 3.1

Tentukan massa nitrogen pada 100 kg pupuk urea  $(\text{CO}(\text{NH}_2)_2)$ .

**Jawab**

Untuk menghitung massa unsur dalam suatu senyawa, perlu diketahui persentasenya terlebih dahulu.

$$\begin{aligned} \% \text{ nitrogen} &= \frac{n \times A_r \text{ N}}{M_r \text{ Urea}} \times 100\% \\ &= \frac{2 \times 14}{60} \times 100\% = 46,67\% \end{aligned}$$

$$\text{massa nitrogen} = \frac{46,67}{100} \times 100 \text{ kg}$$

$$\text{massa nitrogen} = 46,67 \text{ kg}$$

Jadi, massa nitrogen pada 100 kg pupuk urea adalah **46,67 kg**.

## Kupas Tuntas

Dalam 50 gram pupuk urea  $(\text{CO}(\text{NH}_2)_2)$  terdapat 21 gram nitrogen. Kemurnian pupuk tersebut adalah ....

( $A_r \text{ H} = 1 \text{ g/mol}$ ,  $C = 12 \text{ g/mol}$ ,  $N = 14 \text{ g/mol}$ ,  $O = 16 \text{ g/mol}$ )

- A. 42%
- B. 75%
- C. 80%
- D. 90%
- E. 100%

Pembahasan

$$\begin{aligned} \text{massa urea} &= \frac{M_r \text{ urea}}{2 \times A_r \text{ N}} \times \text{massa N} \\ &= \frac{60}{2 \times 14} \times 21 \text{ gram} \\ &= 45 \text{ gram} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \% \text{ urea} &= \frac{\text{massa urea}}{\text{massa pupuk}} \times 100\% \\ &= \frac{45}{50} \times 100\% = 90\% \end{aligned}$$

Jadi, Kemurnian pupuk urea  $(\text{CO}(\text{NH}_2)_2)$  adalah (D) 90%.

UM-UGM 2004

## Soal Penguasaan Materi 3.4

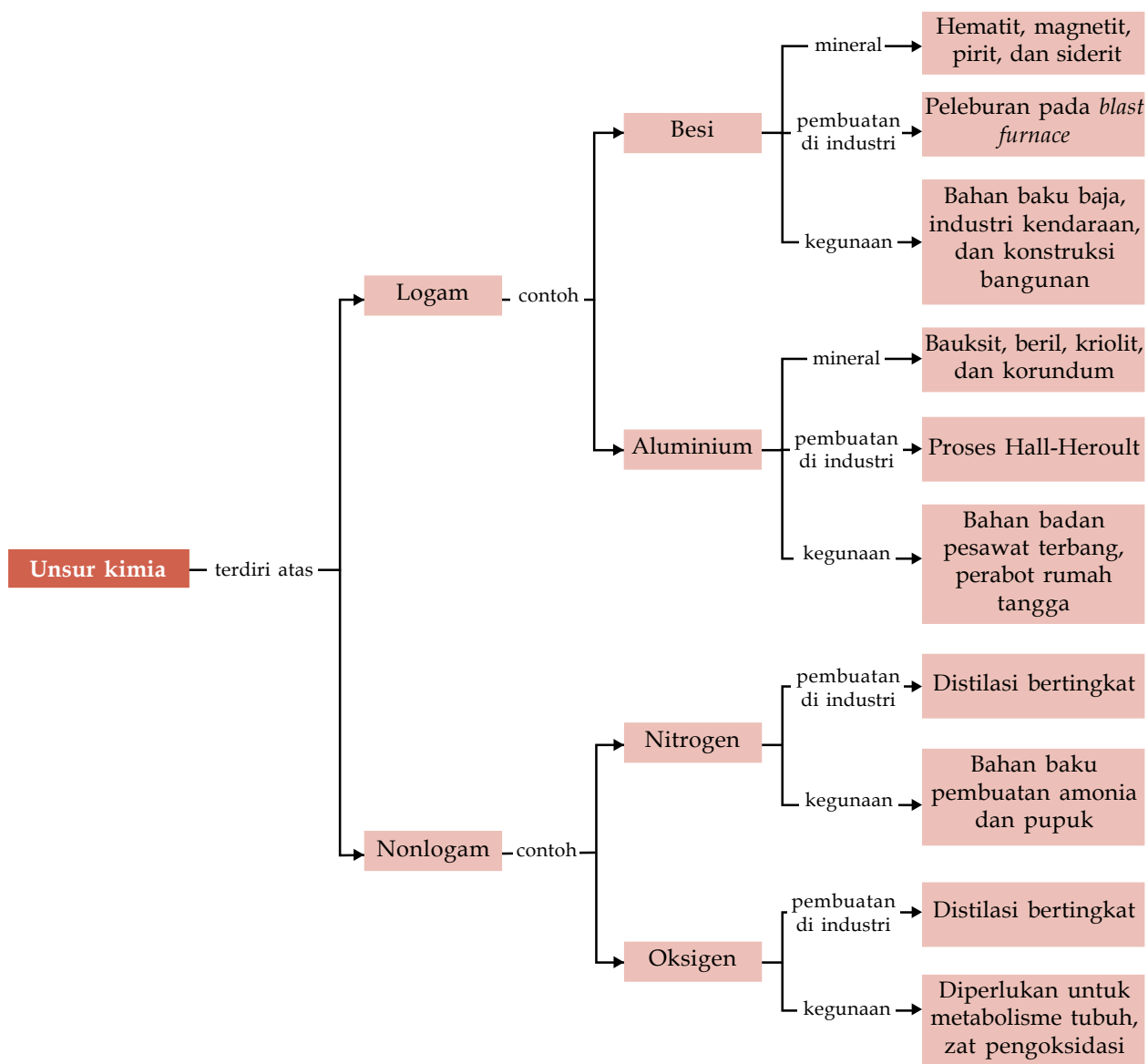
Kerjakanlah di dalam buku latihan Anda.

1. Bagaimanakah cara menentukan kadar natrium hipoklorit pada bahan pemutih? Jelaskan.
2. Berapakah persentase nitrogen dari pupuk  $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$  dan  $\text{NH}_4\text{NO}_3$ ?

## Rangkuman

1. Unsur-unsur kimia di alam terbagi atas unsur logam dan nonlogam.
2. Unsur logam contohnya besi, aluminium, tembaga, emas, dan perak. Unsur-unsur logam didapatkan dari penambangan mineral-mineralnya di kulit bumi. Kegunaan unsur-unsur logam di antaranya:
  - a. bahan baku baja;
  - b. industri kendaraan;
  - c. konstruksi bangunan;
  - d. perabot rumah tangga; dan
  - e. badan pesawat terbang.
3. Unsur nonlogam contohnya nitrogen, oksigen, sulfur, helium, dan fosfor. Unsur nonlogam diperoleh dengan cara pemisahan seperti distilasi dan ekstraksi. Kegunaan unsur-unsur nonlogam di antaranya:
  - a. pembuatan pupuk;
  - b. industri; dan
  - c. metabolisme tubuh.
4. Setiap unsur memiliki sifat fisis dan sifat kimia sendiri yang membedakannya dengan unsur lainnya.
5. Sifat fisis menjelaskan bentuk fisik unsur tersebut, seperti titik leleh, titik didih, warna, kelenturan, konduktivitas listrik, dan kerapuhan.
6. Sifat kimia suatu zat meliputi bagaimana suatu unsur dapat bereaksi dengan unsur lainnya, kecepatan reaksi jika bereaksi dengan unsur lain, jumlah panas yang dihasilkan dari suatu reaksi dengan unsur lain, dan suhu ketika terjadi reaksi.
7. Unsur golongan alkali dan alkali tanah dapat diidentifikasi melalui warna nyala api yang dihasilkan ketika unsur tersebut dibakar.
8. Air sadah (*hard water*) adalah air yang mengandung ion kalsium dan ion magnesium. Ada dua jenis kesadahan, yaitu kesadahan sementara dan kesadahan tetap. Di bidang industri, air sadah menimbulkan kerugian.

# Peta Konsep



## Kaji Diri

Bagaimanakah pendapat Anda setelah mempelajari materi Kimia Unsur ini? Menyenangkan, bukan? Banyak hal yang menarik tentang materi Kimia Unsur ini. Misalnya, Anda akan dapat membedakan berbagai unsur logam atau nonlogam.

Tujuan Anda mempelajari bab ini adalah agar Anda dapat mengidentifikasi kelimpahan unsur-unsur utama dan transisi di alam dan produk yang mengandung unsur tersebut, mendeskripsikan kecenderungan sifat fisik unsur utama dan transisi, (kereaktifan, kelarutan, titik didih, titik leleh,

kekerasan, warna, dan sifat khusus lainnya), serta menjelaskan manfaat, dampak dan proses pembuatan unsur-unsur dan senyawanya dalam kehidupan sehari-hari. Apakah Anda dapat mencapai tujuan belajar tersebut? Jika Anda mengalami kesulitan dalam mempelajari materi tertentu pada bab ini, bertanyalah kepada guru kimia Anda. Anda pun dapat berdiskusi dengan teman-teman untuk memecahkan permasalahan-permasalahan yang berkenaan dengan materi Kimia Unsur ini. Belajarlah dengan baik. Pastikanlah Anda menguasai materi ini.

## Evaluasi Materi Bab 3

A. Pilihlah salah satu jawaban yang paling tepat dan kerjakanlah pada buku latihan Anda.

- Berikut ini yang merupakan unsur logam adalah ....
  - besi, fosfor, nikel, dan tembaga
  - sulfur, karbon, iodin, dan nitrogen
  - perak, seng, emas, dan krom
  - perak, boron, aluminium, dan timah
  - silikon, boron, nikel, dan besi
- Dari beberapa mineral di bawah ini:
  1. kriolit
  2. siderit
  3. kalkopirit
  4. kasiterit
  5. hematitMineral yang merupakan sumber penghasil unsur besi adalah ....
  - 1 dan 3
  - 2 dan 4
  - 4 dan 5
  - 2 dan 5
  - 3 dan 4
- Sifat fisis unsur menjelaskan segala sesuatu yang berhubungan dengan kondisi fisika unsur tersebut. Berikut ini merupakan sifat fisis suatu unsur, *kecuali* ....
  - konduktivitas listrik
  - kalor penguapan
  - nomor atom
  - titik leleh
  - titik didih
- Sifat oksidator suatu unsur dapat ditentukan dari ....
  - harga potensial reduksi
  - warna nyala unsur
  - harga potensial oksidasi
  - kepolaran
  - massa jenis
- Berikut ini adalah pasangan logam yang relatif paling reaktif dan tidak reaktif ....
  - besi-krom
  - aluminium-nikel
  - natrium-emas
  - krom-besi
  - kalsium-besi
- Seorang ahli kimia ingin menentukan jenis unsur yang terkandung dalam suatu logam maka dia mengambil sampelnya lalu membakarnya sehingga didapat warna nyala merah jingga. Kira-kira, unsur yang diuji oleh ahli kimia tersebut adalah ....
  - Na
  - K
  - Ca
  - Sr
  - Ba
- Tidak seperti nonlogam, logam akan terasa sangat panas jika diletakkan di bawah sinar matahari. Hal ini terjadi karena ....

- memiliki sifat konduktivitas listrik yang baik
- merupakan isolator
- memiliki kalor penguapan yang rendah
- merupakan penghantar panas yang baik
- memiliki sifat kekerasan

Gunakan deret unsur berikut untuk soal no. 8, 9, dan 10.

**K Ca Se Br Kr**

- Urutan keasaman dari oksida unsur-unsur tersebut adalah ....
  - Ca, K, Se, Br, Kr
  - K, Ca, Se, Kr, Br
  - K, Ca, Se, Br, Kr
  - Kr, Se, Ca, K, Br
  - Kr, Br, Se, Ca, K
- Urutan unsur yang semakin reaktif ....
  - Ca, K, Se, Br, Kr
  - K, Ca, Se, Kr, Br
  - K, Ca, Se, Br, Kr
  - Kr, Se, Ca, K, Br
  - Kr, Br, Se, Ca, K
- Dari deret unsur-unsur tersebut, sifat-sifat kimia yang dapat disimpulkan antara lain ....
  - harga keelektronegatifan  $\text{Br} > \text{Se}$
  - harga keelektronegatifan  $\text{Kr} < \text{Br}$
  - Se lebih mudah menerima elektron daripada K
  - a dan c benar
  - b dan a benar
- Air yang akan digunakan dalam sebuah industri logam ternyata mengandung kalsium klorida, akibatnya air tersebut harus diolah dahulu dengan langkah tepat, seperti ....
  - memanaskan air tersebut
  - menyaringnya dengan saringan ultrafiltrasi
  - menambahkan natrium karbonat
  - menambah resin penukar ion
  - menambahkan HCl
- Berikut ini adalah unsur-unsur yang dapat membentuk molekul diatomik, *kecuali* ....
  - hidrogen, fluorin, nitrogen
  - fluorin, klorin, oksigen
  - bromin, fluorin, iodin
  - nitrogen, oksigen, helium
  - nitrogen, fluorin, klorin
- Salah satu bentuk unsur yang dapat digunakan sebagai obat sakit perut adalah ....
  - intan
  - grafit
  - fosfor putih
  - fosfor merah
  - arang

14. Produk-produk yang merupakan logam campuran dengan tembaga sebagai salah satu unsurnya adalah ....
- monel, kupronikel, duralium
  - kupronikel, nikrom, alniko
  - kupronikel, alniko, *stainless steel*
  - stainless steel*, alniko, alumina
  - duralium, nikrom, alniko
15. Hall-Heroult merupakan proses yang dilakukan dalam pengolahan ....
- besi
  - aluminium
  - timah
  - tembaga
  - nikel
16. Unsur-unsur A, B, dan C, terletak pada periode ke-3 sistem periodik. Oksida unsur A dalam air menghasilkan larutan yang memiliki pH < 7, sedangkan unsur B dengan air bereaksi menghasilkan gas hidrogen. Percobaan lain menunjukkan bahwa unsur C dapat bereaksi baik dengan larutan asam maupun larutan basa. Susunan unsur-unsur tersebut dalam sistem periodik, dari kiri ke kanan adalah ....
- A, C, B
  - C, A, B
  - B, A, C
  - A, B, C
  - B, C, A
17. Berikut sifat-sifat logam aluminium, *kecuali* ....
- dapat bereaksi dengan asam kuat
  - larut dalam larutan NaOH
  - dengan larutan basa kuat menghasilkan  $H_2$
  - merupakan oksidator kuat
  - dengan  $HNO_3$  pekat menghasilkan oksida nitrogen
18. Kandungan yang terdapat dalam *baja tahan karat (stainless steel)* adalah ....
- 12% - 18% Cr
  - 10% V dan 6% Co
  - 11% - 14% Mn
  - 25% Ni dan 14% Mn
  - 18% Cr dan 8% Ni
19. Pupuk urea bagi tumbuh-tumbuhan merupakan sumber unsur ....
- hidrogen
  - fosforus
  - nitrogen
  - kalium
  - karbon
20. Diketahui senyawa-senyawa berikut.
- kriolit
  - bauxit
  - kaporit
  - kalpirit
- Pasangan senyawa yang mengandung aluminium adalah ....
- 1 dan 2
  - 1 dan 4
  - 2 dan 3
  - 2 dan 4
  - 3 dan 4
21. Belerang dapat ditemukan dalam berbagai bentuk pada suhu kamar. Bentuk-bentuk ini dikenal sebagai ....
- isotop
  - alotrop
  - isomer
  - homolog
  - polimer
22. Jelaga (arang) dan intan yang berkilauan mengandung unsur yang sama, yaitu ....
- oksigen
  - nitrogen
  - karbon
  - fosforus
  - iodin
23. Nama bijih yang digunakan dalam pembuatan aluminium adalah ....
- pirit
  - seng sulfida
  - bauxit
  - fosfor
  - iodin
24. Senyawa berikut yang bersifat asam kuat adalah ....
- $Mg(OH)_2$
  - $SiO(OH)_2$
  - $ClO_3(OH)$
  - NaOH
  - $PO(OH)_3$
25. Gas nitrogen *tidak* digunakan sebagai ....
- pengisi bola lampu pijar
  - bahan baku pembuatan amoniak
  - bahan bakar roket
  - "pengusir" oksigen pada industri makanan
  - penghambat pembusukan pada sayuran dan buah-buahan

**B. Jawablah pertanyaan berikut dengan benar.**

- Dalam susunan unsur halogen, mengapa unsur F merupakan oksidator yang paling kuat di antara unsur lainnya dalam satu golongan?
- Mengapa besi tidak digunakan sebagai bahan untuk membuat perhiasan? Jelaskan.
- Bagaimanakah cara mendapatkan besi baja?
- Dalam penambangan tembaga, keuntungan sampingannya adalah mendapatkan emas dan perak. Mengapa? Jelaskan.
- Tuliskanlah metode-metode yang digunakan dalam pengolahan logam.
- Apakah yang dimaksud dengan air sadah, kesadahan sementara, dan kesadahan tetap?





7. Suatu bijih besi mengandung 80% besi(III) oksida. Dari 2 ton bijih besi tersebut, berapa gram besi murni yang dapat diperoleh? ( $A_r$  Fe = 56 g/mol, O = 16 g/mol)
8. Tuliskanlah sifat periodik unsur periode ketiga.
  - a. Logam dan nonlogam
  - b. Keasaman
  - c. Reduktor dan oksidator
9. Tuliskanlah logam penyusun aliansi berikut.
  - a. Perunggu
  - b. Kuningan
  - c. *Stainless steel*
10. Apakah fungsi kriolit pada pengolahan aluminium?

### Soal Tantangan

1. Kita semua pasti pernah memasak, baik itu memasak mi rebus, menggoreng telur, atau yang lainnya. Apabila kita perhatikan, perkakas yang digunakan seperti ketel akan mengandung kerak terutama pada bagian dasarnya. Apakah sebenarnya kerak pada dasar ketel tersebut? Mengapa hal tersebut dapat terjadi?
2. Pembuatan gas oksigen di laboratorium dilakukan dengan cara memanaskan  $\text{KClO}_3$  dengan menggunakan katalis  $\text{MnO}_2$  dan dihasilkan gas oksigen dalam jumlah sedikit. Akan tetapi, dalam suatu proses industri kebutuhan akan oksigen diperlukan dalam jumlah banyak. Bagaimana cara mengatasi masalah tersebut? Jelaskan.



# Kegiatan Semester 1

## Pengaruh Mg dan Ca dalam Kesadahan air

Air sadah adalah air yang mengandung ion  $Mg^{2+}$  dan  $Ca^{2+}$ . Kesadahan menjadi masalah di dalam kehidupan sehari-hari. Bagaimanakah mengetahui kesadahan air? Berikut ini langkah-langkah yang harus Anda lakukan.

### Alat dan Bahan

1. Air ledeng
2. Air sumur
3. Air suling
4. Air sadah (air yang mengandung  $CaSO_4$ ,  $MgSO_4$ ,  $CaCl_2$ , dan  $MgCl_2$ )
5. Gelas bening (4 buah)

### a. Mengamati pengaruh Mg dan Ca di dalam air

1. Berilah nomor pada masing-masing gelas, kemudian isilah dengan sebanyak 50 mL air ledeng, air sumur, air suling, dan air sadah.
2. Tambahkan 5 mL larutan sabun/detergen pada masing-masing gelas kemudian aduk. Amati buih yang terjadi. Apakah bertahan dalam 30 detik? Tambahkan larutan sabun jika buih yang terbentuk masih dapat hilang.
3. Buatlah tabel pengamatan seperti berikut ini.

Larutan Air Sadah	Volume Sabun yang Diperlukan (mL)	Pengamatan
Kalsium sulfat		
Magnesium sulfat		
Kalsium klorida		
Magnesium klorida		

Air yang Diuji	Volume Sabun yang Diperlukan (mL)	Pengamatan
Air ledeng		
Air sumur		
Air suling		

4. Buatlah kesimpulan dari hasil pengamatan Anda. Manakah air yang termasuk air sadah dan bukan air sadah?
5. Susunlah laporan kegiatan dari hasil eksperimen Anda. Penyusunan laporan meliputi:
  - a. Pendahuluan  
Bab ini menjelaskan tentang latar belakang penelitian dan tujuan penelitian.



b. Alat dan Bahan

Bab ini memuat seluruh alat dan bahan yang digunakan selama penelitian.

c. Metode Penelitian

Metode atau cara penelitian dapat Anda uraikan secara ringkas pada bab ini.

d. Teori

Bab ini meliputi teori-teori yang mendasari kegiatan yang diambil dari berbagai sumber. Lengkapilah dengan informasi mengenai berbagai keuntungan dan kerugian dari air sadah ini.

e. Hasil dan Pembahasan

Pada bab ini Anda dapat menguraikan fakta-fakta dan data yang Anda peroleh selama eksperimen. Pembahasan dilengkapi dengan reaksi-reaksi kimia yang terjadi.

f. Kesimpulan

Pada bab ini Anda dapat mengutarakan kesimpulan yang dapat Anda ambil dari hasil kegiatan eksperimen.

g. Daftar Pustaka

Sumber-sumber pustaka yang Anda dapatkan dimuat dalam daftar pustaka.

Kegiatan Semester 1 ini dikerjakan secara berkelompok antara 3–5 orang. Jika Anda menemukan kesulitan selama pelaksanaan kegiatan, Anda dapat mendiskusikannya dengan guru kimia. Presentasikanlah hasil kegiatan Anda di kelas dan diskusikanlah bersama kelompok lain.



# B a b 4

## Kimia Inti



Sumber: Photographi from U.S Air Force

Pada bab ini, Anda akan diajak untuk dapat memahami karakteristik unsur-unsur penting, kegunaan dan bahayanya, serta terdapatnya di alam dengan cara mendeskripsikan unsur-unsur radioaktif dari segi sifat-sifat fisik dan sifat-sifat kimia, kegunaan, dan bahayanya.

Ketika mempelajari materi Struktur Atom di Kelas X, Anda pasti telah memahami isotop. Sifat radioaktif suatu isotop dapat terjadi secara alami ataupun buatan.

Sesungguhnya, Tuhan menciptakan segala sesuatu di alam ini untuk menjadi manfaat bagi umat manusia. Pada kenyataannya, manusia seringkali menciptakan sesuatu yang justru bersifat destruktif. Oleh karena itu, dengan mempelajari bab ini, Anda dapat menilai secara pribadi apa yang seharusnya dilakukan oleh umat manusia berkenaan dengan unsur radioaktif ini. Tahukah Anda, aplikasi dari materi radioaktif di dalam kehidupan sehari-hari? Peristiwa bersejarah apa saja yang berkaitan dengan isotop? Adakah dampak negatif dari penggunaan isotop? Jawaban dari pertanyaan-pertanyaan tersebut dapat Anda temukan dengan mempelajari bab ini dengan baik.

### A. Sifat-Sifat Unsur Radioaktif

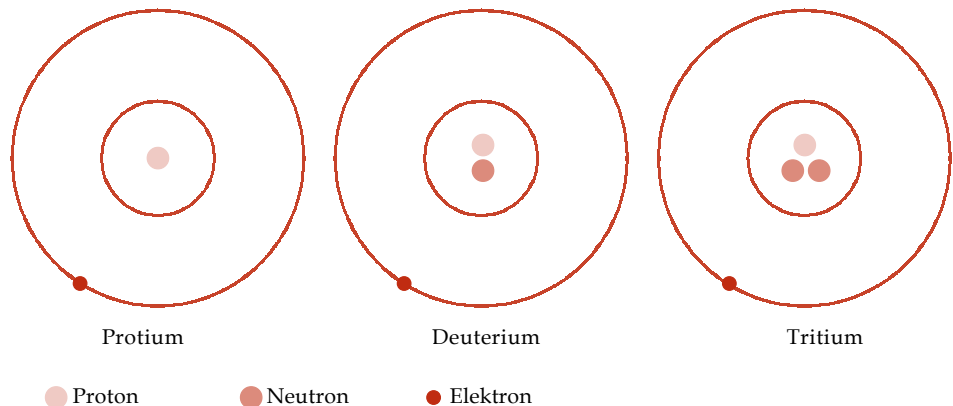
### B. Kegunaan dan Dampak Negatif Unsur Radioaktif

## Soal Pramateri

1. Apakah yang Anda ketahui tentang nuklir?
2. Tuliskan sifat fisika dan kimia dari uranium.
3. Bagaimanakah konfigurasi elektron dari uranium?

## A Sifat-Sifat Unsur Radioaktif

Masih ingatkah Anda dengan pengertian isotop? Isotop adalah atom-atom dari suatu unsur yang memiliki nomor atom yang sama, tetapi memiliki nomor massa yang berbeda. Misalnya, unsur hidrogen memiliki 3 buah isotop, yaitu protium ( $^1\text{H}_1$  atau H-1), deuterium ( $^2\text{H}_1$  atau H-2), dan tritium ( $^3\text{H}_1$  atau H-3). Ketiga isotop hidrogen tersebut memiliki jumlah elektron dan proton (nomor atom) yang sama, tetapi jumlah neutronnya (nomor massa) berbeda. Perhatikanlah gambar berikut.



**Gambar 4.1**  
Isotop-isotop hidrogen

Apakah pengaruh dari perbedaan jumlah neutron di dalam suatu inti atom? Untuk mengetahuinya, lakukanlah kegiatan berikut.

## Selidikilah 4.1

### Pengaruh Perbedaan Jumlah Neutron Suatu Isotop

#### Tujuan

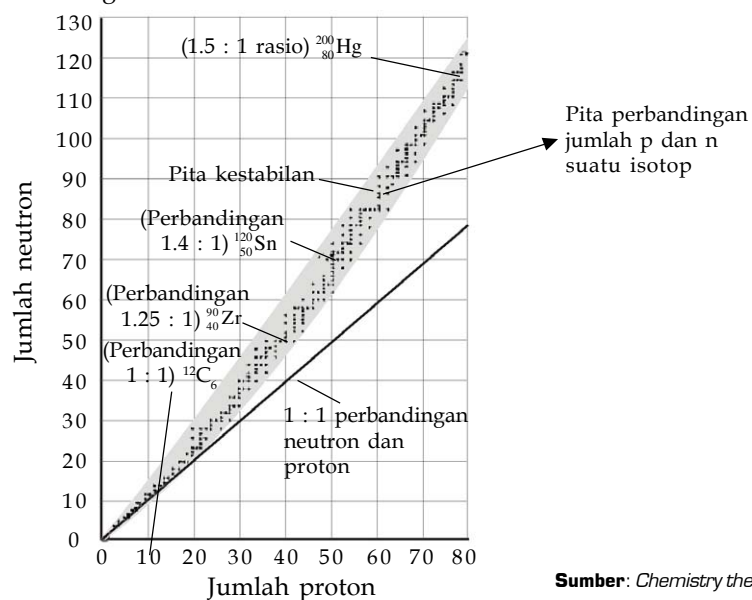
Menganalisis perbandingan jumlah proton dan neutron suatu isotop untuk menentukan kestabilan

#### Alat dan Bahan

Grafik kestabilan isotop

#### Langkah Kerja

Amati dan pelajarilah grafik berikut. Perhatikan isotop dari unsur C, Zr, Sn, dan Hg.



Sumber: Chemistry the Central Science, 2000

Jawablah pertanyaan berikut untuk menarik kesimpulan.

- a. Dari keempat isotop yang tercantum dalam grafik, isotop mana saja yang perbandingan jumlah proton dan neutronnya <1?
- b. Dari keempat isotop yang tercantum dalam grafik, isotop mana saja yang perbandingan jumlah proton dan neutronnya >1?
- c. Bagaimanakah cara menentukan kestabilan isotop-isotop tersebut?
- d. Isotop mana saja yang bersifat stabil?
- e. Bagaimanakah cara isotop yang tidak stabil mencapai kestabilannya?

Diskusikan hasil yang Anda peroleh dengan teman Anda.

Apakah yang Anda peroleh dari analisis pada kegiatan tersebut? Untuk mengetahuinya, perhatikan penjelasan berikut.

### 1. Kestabilan Isotop

Kestabilan suatu isotop dipengaruhi oleh perbandingan jumlah neutron dan protonnya. Suatu isotop bersifat stabil jika jumlah proton dan neutronnya sama. Dengan kata lain, perbandingan jumlah neutron dan protonnya adalah 1. Pada grafik, isotop yang stabil berada pada pita kestabilan. Tabel berikut ini menginformasikan beberapa contoh isotop stabil.

Tabel 4.1 Contoh-Contoh Isotop Stabil

Isotop	Jumlah Neutron (n)	Jumlah Proton (p)	Perbandingan n dan p
<sup>12</sup> <sub>6</sub> C	6	6	1
<sup>16</sup> <sub>8</sub> O	8	8	1
<sup>2</sup> <sub>1</sub> H	1	1	1

Bagaimana jika perbandingan jumlah neutron dan protonnya lebih besar dari satu (>1)? Isotop yang memiliki perbandingan jumlah neutron dan protonnya lebih besar dari satu bersifat tidak stabil. Dengan kata lain, jumlah neutronnya lebih banyak dibandingkan jumlah proton. Suatu isotop akan bersifat semakin stabil jika perbandingan jumlah neutron dan protonnya mendekati angka satu. Pada grafik, isotop yang tidak stabil dengan perbandingan jumlah neutron dan protonnya lebih besar dari satu berada di atas pita kestabilan. Tabel berikut menginformasikan beberapa contoh isotop tidak stabil yang berada di atas pita kestabilan.

Tabel 4.2 Contoh-Contoh Isotop Tidak Stabil yang Berada di Atas Pita Kestabilan

Isotop	Jumlah Neutron (n)	Jumlah Proton (p)	Perbandingan n dan p
<sup>90</sup> <sub>40</sub> Zr	50	40	1,25
<sup>120</sup> <sub>50</sub> Sn	70	50	1,44
<sup>200</sup> <sub>80</sub> Hg	120	80	1,5
<sup>14</sup> <sub>6</sub> C	8	6	1,3

Selain memiliki perbandingan jumlah neutron dan proton lebih besar dari satu, suatu isotop bersifat tidak stabil jika perbandingan jumlah neutron dan protonnya lebih kecil dari satu. Dengan kata lain, jumlah neutronnya lebih sedikit dibandingkan jumlah proton. Pada grafik, isotop yang tidak stabil dengan perbandingan jumlah neutron dan protonnya lebih kecil dari satu (<1) berada di bawah pita kestabilan. Tabel berikut ini menginformasikan beberapa contoh isotop tidak stabil yang berada di bawah pita kestabilan.

### Kata Kunci

- Isotop
- Pita kestabilan
- Radioaktif

### Anda Harus

#### Ingat

Suatu isotop bersifat stabil jika jumlah proton dan neutronnya sama.

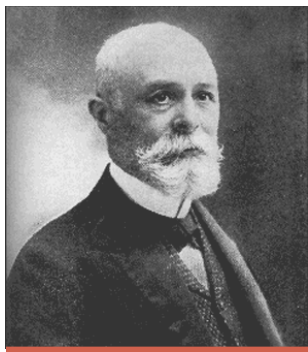
#### You Must Remember

Stabil isotop have the same number of proton and neutron.



## Legenda

### Kimia



**Antoine Becquerel (1852–1908)** adalah seorang ilmuwan Prancis. Penelitiannya dilatarbelakangi oleh rasa ketertarikannya terhadap sinar X yang ditemukan oleh Roentgen. Saat mempelajari sinar X, ia terhambat pada satu jenis radiasi penembus yang tak tampak. Pada 1896 dia menemukan bahwa kristal senyawa uranium dapat memberi bayangan “berkabut” dalam film fotografi.

Akan tetapi, hambatan tersebut mengantarkannya pada suatu temuan baru. Setelah melakukan beberapa uji coba tambahan, Becquerel menyimpulkan bahwa kristal senyawa uranium memancarkan radiasi sendiri.

**Sumber:** Jendela Iptek “Materi” 1996

**Tabel 4.3** Contoh-Contoh Isotop Tidak Stabil yang Berada di Bawah Pita Kestabilan

Isotop	Jumlah Neutron (n)	Jumlah Proton (p)	Perbandingan n dan p
${}^1_1\text{H}$	0	1	0
${}^{11}_6\text{C}$	5	6	$\frac{5}{6}$
${}^7_4\text{Be}$	3	4	$\frac{3}{4}$

## 2. Cara Isotop Tidak Stabil Mencapai Kestabilannya

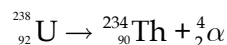
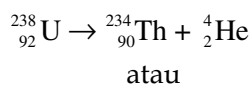
Setiap isotop cenderung untuk berada dalam keadaan stabil (jumlah neutron = jumlah proton). Begitu pula dengan isotop yang tidak stabil (jumlah neutron > jumlah proton). Bagaimanakah cara isotop tidak stabil mencapai kestabilannya? Isotop-isotop yang tidak stabil secara alami mencapai kestabilannya dengan cara meluruh, yaitu melepaskan neutron atau menarik proton. Pada saat meluruh, isotop-isotop tersebut melepaskan radiasi berupa energi disertai dengan pemancaran partikel. Oleh karena isotop-isotop yang tidak stabil melepaskan radiasi ketika meluruh untuk mencapai kestabilannya, isotop tidak stabil bersifat radioaktif dan sering disebut dengan istilah *radioisotop*. Sifat keradioaktifan ini ditemukan kali pertama oleh **Antoine Becquerel** pada 1896.

Ada beberapa jenis partikel yang dipancarkan pada saat radioisotop meluruh, di antaranya partikel alfa ( ${}^4_2\text{He}$  atau  ${}^4_2\alpha$ ), partikel beta ( ${}^0_{-1}\text{e}$  atau  ${}^0_{-1}\beta$ ), sinar gamma ( ${}^0_0\gamma$ ), dan positron ( ${}^0_1\text{e}$ ).

Berikut ini beberapa contoh reaksi peluruhan radioisotop dan partikel yang dipancarkannya.

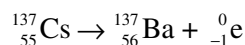
### a. Peluruhan yang Memancarkan Partikel Alfa

Isotop uranium dengan nomor atom 92 (jumlah proton = 92) dan nomor massa 238 (jumlah neutron = 146) bersifat tidak stabil karena perbandingan n dan p > 1. Untuk mencapai keadaan yang lebih stabil, isotop  ${}^{238}_{92}\text{U}$  akan meluruh menjadi  ${}^{234}_{90}\text{Th}$  dengan memancarkan partikel alfa.



### b. Peluruhan yang Memancarkan Partikel Beta

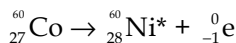
Isotop sesium dengan nomor atom 55 (jumlah proton = 55) dan nomor massa 137 (jumlah neutron = 82) bersifat tidak stabil karena perbandingan n dan p > 1. Untuk mencapai keadaan yang lebih stabil, isotop  ${}^{137}_{55}\text{Cs}$  akan meluruh menjadi  ${}^{137}_{56}\text{Ba}$  dengan memancarkan partikel beta.



### c. Peluruhan yang Memancarkan Sinar Gama

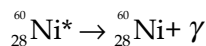
Pemancaran sinar gamma terjadi pada atom dalam keadaan tereksitasi (bersifat tidak stabil). Perpindahan dari keadaan tereksitasi menjadi keadaan stabil dengan energi yang lebih rendah terjadi dengan disertai pemancaran sinar gamma. Peluruhan jenis ini biasanya merupakan kelanjutan dari peluruhan

alfa atau beta. Misalnya peluruhan kobalt-60 menjadi nikel-60 yang memancarkan partikel beta.



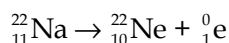
\* = keadaan tereksitasi

Kemudian,  ${}^{60}\text{Ni}$  berpindah ke bentuk stabil sambil memancarkan sinar gama.



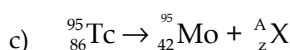
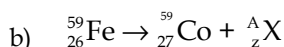
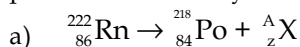
#### d. Peluruhan yang Memancarkan Positron

Partikel positron mirip dengan partikel beta. Hanya saja, positron bermuatan positif, sedangkan beta bermuatan negatif.



### Contoh 4.1

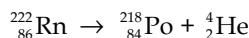
Tentukan partikel yang dipancarkan dari reaksi peluruhan berikut dan lengkapi persamaan reaksinya.



#### Jawab

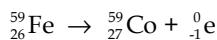
Untuk menentukan partikel yang dipancarkan dari suatu reaksi peluruhan, Anda harus menyetarakan nomor massa dan nomor atom pada ruas kanan dan ruas kiri.

- a) Nomor massa Rn (ruas kiri) = 222, sedangkan nomor massa Po (ruas kanan) = 218. Agar setara, jumlah nomor massa di ruas kanan harus ditambahkan 4. Nomor atom Rn (ruas kiri) = 86, sedangkan nomor atom Po (ruas kanan) = 84. Agar setara, jumlah nomor atom di ruas kanan harus ditambahkan 2. Berarti, partikel yang dipancarkan adalah partikel yang memiliki nomor massa = 4 dan nomor atom = 2. Partikel tersebut adalah partikel alfa ( ${}_2^4\text{He}$ ).

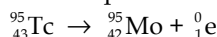


Dengan prinsip yang sama dengan nomor a, partikel yang dipancarkan pada reaksi nomor b dan c adalah

- b) Partikel beta



- c) Partikel positron



### Anda Harus Ingat

Beberapa inti, seperti uranium-238 tidak dapat mencapai kestabilan dengan hanya satu kali emisi sehingga dihasilkan suatu deret emisi. Uranium-238 meluruh menjadi torium-234 dan akan berlanjut sampai dengan terbentuk inti yang stabil yaitu timbal-206.

#### You Must Remember

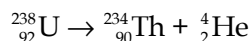
*Some nuclei, like uranium-238, cannot gain stability by a single emission consequently, a series of successive emissions occurs. Uranium-238 decays to thorium-234 and it will continue until a stable nucleus, lead-206, is formed.*

### Kata Kunci

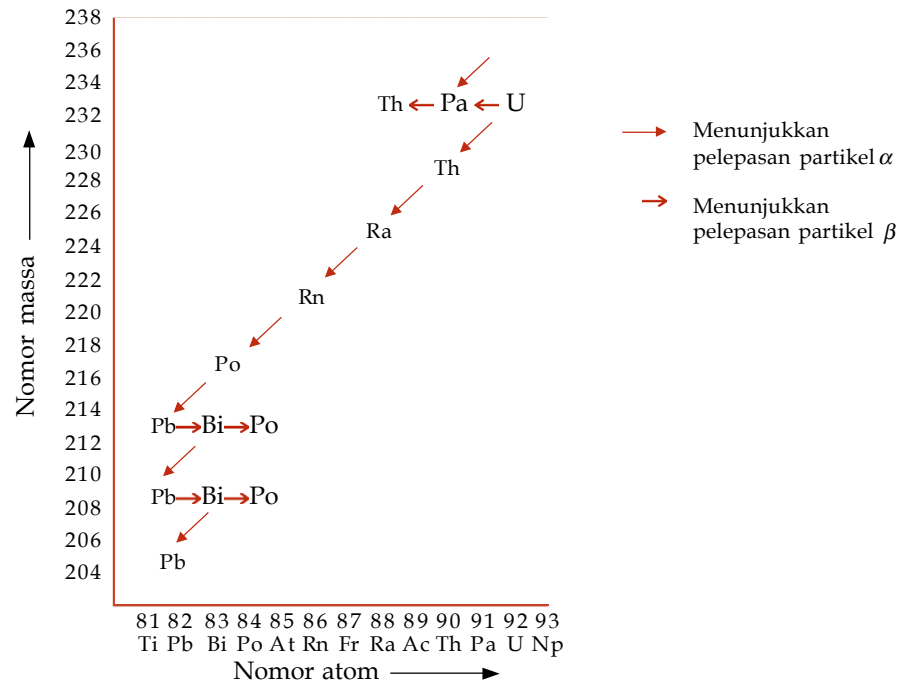
Peluruhan radioaktif

## 3. Deret Peluruhan Radioaktif

Perhatikan kembali reaksi peluruhan isotop  ${}_{92}^{238}\text{U}$  menjadi  ${}_{90}^{234}\text{Th}$  yang memancarkan partikel alfa.



Pada reaksi ini, isotop  ${}_{92}^{238}\text{U}$  yang tidak stabil meluruh menjadi isotop  ${}_{90}^{234}\text{Th}$  yang bersifat lebih stabil. Meskipun demikian, isotop  ${}_{90}^{234}\text{Th}$  masih bersifat tidak stabil karena perbandingan jumlah neutron dan protonnya masih  $>1$ . Oleh karena itu,  ${}_{90}^{234}\text{Th}$  masih dapat meluruh hingga berubah menjadi isotop yang stabil ( $n : p = 1$ ). Untuk mencapai keadaan tersebut, diperlukan sekitar 14 kali reaksi peluruhan. Perhatikanlah grafik berikut.



**Gambar 4.2**

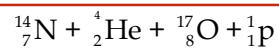
Deret peluruhan radioaktif uranium-238

Gambar tersebut menunjukkan 14 reaksi peluruhan, dimulai dari isotop  $^{238}_{92}\text{U}$  yang tidak stabil hingga mencapai kestabilannya (isotop  $^{206}_{82}\text{Pb}$ ). Kumpulan reaksi peluruhan seperti itu disebut deret radioaktif.

#### 4. Reaksi Transmutasi

Sifat radioaktif suatu isotop dapat terjadi secara alami ataupun buatan. Isotop-isotop yang mengalami reaksi peluruhan yang telah Anda pelajari sebelumnya merupakan radioisotop alami. Selain radioisotop alami, ada juga radioisotop buatan. Artinya, sifat radioaktifnya diperoleh melalui campur tangan manusia. Tahukah Anda, bagaimana cara membuat radioisotop buatan?

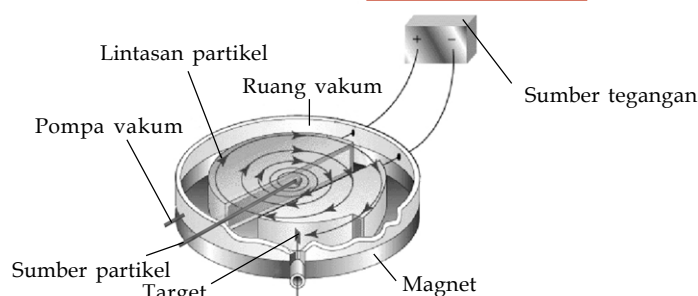
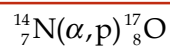
**Ernest Rutherford** adalah ilmuwan yang kali pertama membuat radioisotop buatan. Pada 1919, Rutherford menembakkan partikel alfa ke gas nitrogen. Penembakan ini menghasilkan isotop oksigen yang bersifat radioaktif.



#### Kata Kunci

- Transmutasi
- Waktu paruh

Jadi, radioisotop buatan dapat dibuat dengan cara menembakkan partikel ke inti atom. Reaksi penembakan tersebut dikenal dengan istilah reaksi transmutasi dan persamaan reaksinya dapat disingkat dengan lambang sebagai berikut.



**Gambar 4.3**

Bagan alat yang digunakan untuk membuat radioisotop buatan.

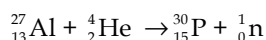
Sumber: Chemistry the Central Science, 2000

## Contoh 4.2

Lengkapilah persamaan reaksi transmutasi  ${}^{27}_{13}\text{Al} (\alpha, n) {}^{30}_{15}\text{P}$ .

Jawab

Unsur  ${}^{27}_{13}\text{Al}$  dan partikel  $\alpha ({}^4_2\text{He})$  ditulis di ruas kiri, sedangkan unsur  ${}^{30}_{15}\text{P}$  dan partikel  $n$  ditulis di ruas kanan. Sehingga, persamaan reaksinya adalah



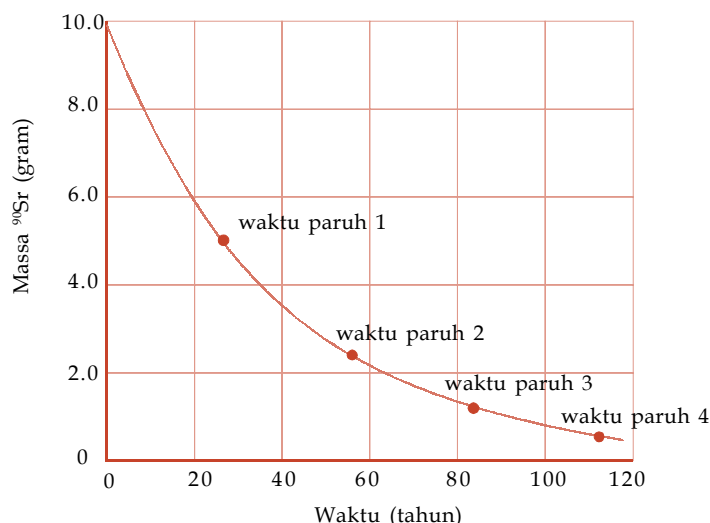
## Buktikanlah oleh Anda

Isotop  ${}^{243}_{90}\text{Th}$  mengalami 6 tahap penguraian dengan memancarkan sinar- $\beta$  dan 7 tahap penguraian sinar- $\alpha$ . Akhirnya, isotop tersebut menghasilkan isotop  ${}^{206}_{82}\text{Pb}$  yang stabil. Buktikanlah bagaimana isotop tersebut dapat menjadi  ${}^{206}_{82}\text{Pb}$ .

Diskusikan hasil yang Anda peroleh dengan teman Anda.

## 5. Waktu Paruh

Berapakah waktu yang diperlukan suatu radioisotop untuk meluruh? Waktu meluruh setiap radioisotop berbeda-beda, ada yang ribuan tahun, ada juga yang hanya membutuhkan waktu beberapa detik. Istilah yang biasanya digunakan untuk menyatakan waktu yang diperlukan suatu radioisotop untuk meluruh adalah waktu paruh. Waktu paruh didefinisikan sebagai waktu yang dibutuhkan oleh suatu radioisotop untuk meluruh separuhnya. Waktu paruh suatu radioisotop ditentukan dengan cara mengukur perubahan radiasi dari massa suatu radioisotop selama periode tertentu. Perhatikanlah **Gambar 4.4** berikut ini yang memperlihatkan waktu paruh  ${}^{90}\text{Sr}$ .



Sumber: Chemistry the Central Science, 2000

Dengan mengetahui waktu paruh suatu radioisotop, kita dapat menentukan massa suatu radioisotop setelah meluruh selama waktu tertentu. Kita juga dapat menentukan waktu paruh jika mengetahui massa isotop sebelum dan setelah meluruh serta lama peluruhannya. Berikut ini rumus yang dapat digunakan untuk melakukan perhitungan yang berkaitan dengan waktu paruh.

## Anda Harus Ingat

Waktu paruh adalah waktu yang dibutuhkan oleh suatu radioisotop untuk meluruh separuhnya.

### You Must Remember

Half-life is the time needed for radioisotop to decay a half.

## Kupas Tuntas

Jika 32 g radioisotop X yang memiliki waktu paruh 5 hari disimpan selama 20 hari, sisa radioisotop tersebut adalah ....

- A. 0,200 g
- B. 0,625 g
- C. 1,600 g
- D. 2,000 g
- E. 6,250 g

### Pembahasan

$$N_0 = 32 \text{ g}$$

$$t_{1/2} = 5 \text{ hari}$$

$$t = 20 \text{ hari}$$

$$N_t = \left(\frac{1}{2}\right)^n \times N_0$$

$$n = \frac{t}{t_{1/2}}$$

$$n = \frac{20}{5} = 4$$

$$N_t = \left(\frac{1}{2}\right)^4 \times 32$$

$$N_t = \frac{32}{16} = 2$$

Jadi,  $N_t$  atau sisa radioisotop X setelah 20 hari adalah (D) 2,000 g.

SPMB 2003

## Gambar 4.4

Grafik Waktu terhadap Massa  ${}^{90}\text{Sr}$



$$N_t = \left(\frac{1}{2}\right)^n \times N_0$$

$$n = \frac{t}{t_{\frac{1}{2}}}$$

Keterangan:

$N_t$  = banyaknya radioisotop yang tersisa setelah meluruh selama  $t$  satuan waktu

$N_0$  = banyaknya radioisotop mula-mula

$t$  = lamanya radioisotop meluruh

$t_{\frac{1}{2}}$  = waktu paruh

## Legenda

### Kimia



#### Lise Meitner (1878–1968)

terinspirasi oleh penemuan radium Marie Curie, dia mendapatkan gelar doktornya pada 1906. Dia melakukan berbagai penelitian tentang reaksi fisi uranium-235 dan mempublikasikan penemuannya mengenai reaksi fisi uranium pada 1939 di Stockholm.

Sumber: *Introductory Chemistry*, 1997

Tabel berikut menunjukkan waktu paruh beberapa radioisotop.

**Tabel 4.4** Waktu Paruh Beberapa Radioisotop Alam dan Buatan

Jenis	Isotop	Waktu Paruh (tahun)
Radioisotop alam	$^{238}_{92}\text{U}$	$4,5 \times 10^9$
	$^{235}_{92}\text{U}$	$7,1 \times 10^8$
	$^{232}_{90}\text{Th}$	$1,4 \times 10^{10}$
	$^{40}_{19}\text{K}$	$1,3 \times 10^9$
Radioisotop buatan	$^{238}_{94}\text{Pu}$	87,8
	$^{137}_{55}\text{Cs}$	30
	$^{90}_{38}\text{Sr}$	28,1
	$^{131}_{53}\text{I}$	0,022

Sumber: *Chemistry the Central Science*, 2000

### Contoh 4.3

Suatu radioisotop memiliki massa 8 mg. Setelah beberapa hari, massanya berkurang menjadi 2 mg. Jika waktu paruh radioisotop tersebut 20 hari, telah berapa lamakah radioisotop tersebut meluruh?

**Jawab**

Diketahui

$$N_t = 2 \text{ mg}$$

$$N_0 = 8 \text{ mg}$$

$$t_{\frac{1}{2}} = 20 \text{ hari}$$

$$N_t = \left(\frac{1}{2}\right)^n \times N_0$$

$$2 = \left(\frac{1}{2}\right)^n \times 8$$

$$\left(\frac{1}{2}\right)^n = \frac{1}{4}$$

$$n = 2$$

$$n = \frac{t}{t_{\frac{1}{2}}}$$

$$t = n \times t_{\frac{1}{2}} = 2 \times 20 = 40$$

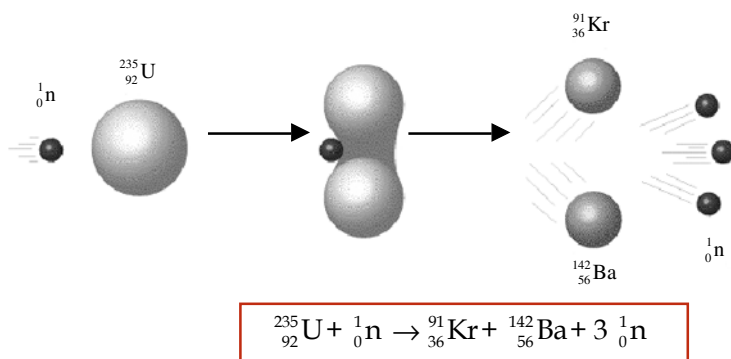
Jadi, radioisotop tersebut telah meluruh selama **40 hari**.

## Kata Kunci

- Fisi
- Fusi

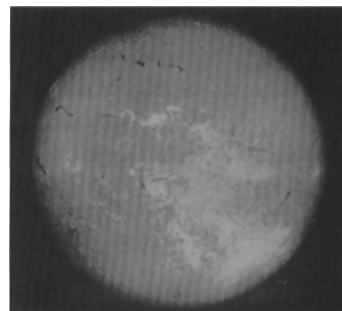
## 6. Reaksi Fisi

Jika suatu radioisotop berat (nomor atom  $>83$ ) ditembak oleh suatu partikel, radioisotop tersebut akan terbelah menjadi dua unsur yang lebih ringan. Reaksi semacam ini disebut dengan reaksi fisi. Misalnya, penembakan isotop  $^{235}_{92}\text{U}$  oleh partikel neutron. Penembakan ini akan menghasilkan dua isotop yang lebih ringan ( $^{142}_{56}\text{Ba}$  dan  $^{91}_{36}\text{Kr}$ ) serta 3 partikel neutron dan disertai energi. Reaksi fisi uranium ini dipublikasikan oleh **Lise Meitner**.



**Gambar 4.5**

Reaksi fisi uranium-235 menunjukkan salah satu dari sekian banyak pola reaksi fisi.



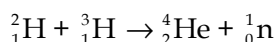
Sumber: *Introductory Chemistry*, 1997

**Gambar 4.6**

Matahari terdiri atas sejumlah besar helium, sedikit hidrogen, dan unsur-unsur lain. Energi dari matahari berasal dari perubahan nuklir.

## 7. Reaksi fusi

Kebalikan dari reaksi fisi adalah reaksi fusi, yaitu reaksi antara dua inti atom ringan (nomor atom <5) yang bergabung menjadi inti yang lebih besar. Contohnya, reaksi antara deuterium dan tritium yang menghasilkan isotop helium dan neutron.



Jauh sebelum manusia mengenal reaksi fusi, Tuhan telah menciptakan reaksi fusi pada matahari yang energinya sangat besar sehingga bermanfaat bagi seluruh makhluk hidup di Bumi. Pada matahari, terjadi reaksi fusi yaitu reaksi isotop hidrogen pada matahari yang menghasilkan isotop helium. Setiap detiknya, lebih dari 4 juta ton materi diubah menjadi energi di dalam inti matahari. Dapatkah Anda bayangkan apa yang terjadi jika energi Matahari tersebut habis?

### Soal Penguasaan Materi 4.1

Kerjakanlah di dalam buku latihan Anda.

- Jelaskanlah cara isotop yang tidak stabil mencapai kestabilannya?
- Tuliskanlah 3 buah partikel yang dipancarkan pada saat radioisotop meluruh.
- Tuliskanlah persamaan reaksi transmutasi berikut.
- Setelah disimpan selama 15 hari, massa suatu radioisotop berkurang dari 20 mg menjadi 5 mg. Tentukan waktu paruh dari radioisotop tersebut
- ${}^{10}_5\text{B}(\text{n},\alpha){}^7_3\text{Li}$
- ${}^{14}_7\text{N}(\text{n},\text{p}){}^{14}_6\text{C}$

## B Kegunaan dan Dampak Negatif Unsur Radioaktif

Setelah mempelajari sifat-sifat unsur radioaktif, mungkin Anda akan bertanya, "Apakah kegunaan dari sifat radioaktif yang dimiliki isotop dalam kehidupan sehari-hari?" Untuk mengetahui jawabannya, lakukanlah kegiatan berikut.

### Selidikilah 4.2

#### Kegunaan dan Dampak Negatif Unsur Radioaktif

##### Tujuan

Mencari informasi penggunaan unsur radioaktif dalam kehidupan sehari-hari beserta dampak yang ditimbulkannya

##### Alat dan Bahan

Data informasi unsur radioaktif

### Kata Kunci

- Dampak negatif radioaktif
- Kegunaan radioaktif



## Tantangan Kimia

Dapatkan Anda sebutkan kegunaan dan dampak negatif dari unsur radioaktif dalam bidang pertahanan dan keamanan? Diskusikanlah bersama teman Anda.

### Langkah kerja

1. Carilah informasi mengenai kegunaan dan dampak unsur-unsur radioaktif. Anda dapat mencarinya melalui media buku, surat kabar dan majalah, internet, atau bertanya kepada pakar radioaktif (misalnya peneliti di BATAN).
2. Lengkapilah tabel berikut berdasarkan informasi yang Anda peroleh.

Radioisotop	Reaksi Peluruhan	Partikel yang Dipancarkan	Kegunaan	Dampak Negatif

Jawablah pertanyaan berikut untuk menarik kesimpulan.

1. Bidang-bidang apa saja yang memanfaatkan radiasi dan energi dari peluruhan radioisotop?
2. Apakah dampak dari penggunaan unsur radioaktif tersebut?

Kerjakanlah secara berkelompok dan diskusikan hasil yang diperoleh.

Informasi apakah yang Anda dapatkan dari kegiatan tersebut? Untuk mengetahui kegunaan dan dampak dari unsur radioaktif, pelajari penjelasan berikut.

## 1. Kegunaan Unsur Radioaktif

Anda tentu telah mengetahui bahwa radioisotop mencapai kestabilannya dengan cara meluruh. Pada saat meluruh, unsur radioaktif tersebut memancarkan radiasi berupa partikel dan menghasilkan energi. Peluruhan unsur, pancaran radiasi, dan energi tersebutlah yang digunakan dalam berbagai kegiatan di berbagai bidang. Berikut ini beberapa contoh bidang kehidupan yang memanfaatkan sifat radioaktif.

### a. Pemanfaatan Radioisotop dalam Bidang Kesehatan

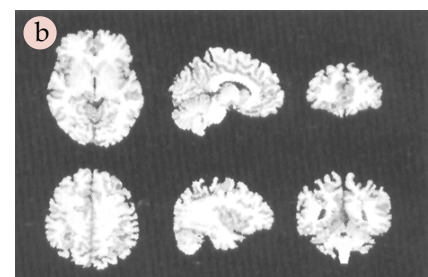
Dalam bidang kesehatan, radioisotop kebanyakan digunakan untuk terapi kanker dan teknik pencitraan (penggambaran) organ tubuh. Radioisotop yang digunakan dalam bidang kesehatan memiliki waktu paruh yang sangat pendek, mulai dari beberapa menit sampai dengan beberapa hari saja. Di samping memiliki waktu paruh yang pendek, energinya juga rendah dan diberikan dalam dosis yang sangat sedikit.

**Tabel 4.5** Contoh-Contoh Radioisotop yang Digunakan di Dunia Kedokteran

Isotop	Kegunaan
Ra-226, Rd-222, Co-60, I-131, Re-186, Cd-115, Y-90, Eu-169, dan Dy-166	Terapi kanker
Tc-99	Teknik pencitraan organ tubuh

**Gambar 4.7**

- (a) Alat Tomografi Emisi Positron (PET). Pasien disuntik dengan larutan yang diberi label senyawa radioaktif yang dengan cepat bergerak ke otak. Inti radioaktif dalam senyawa tersebut mengemisikan positron.
- (b) Alat PET mengukur jumlah emisi positron dan menghasilkan gambar dari otak secara tiga dimensi.



Sumber: Chemistry the Central Science, 2000

## b. Pemanfaatan Radioisotop dalam Bidang Perairan

Dalam bidang perairan, radioisotop bermanfaat untuk menentukan gerakan sedimen di pelabuhan dan daerah pantai, melacak zat pencemar, menemukan kebocoran dam atau bendungan, menentukan arah gerakan air tanah, menyelidiki hubungan antarsumur minyak, menentukan debit air sungai, dan studi geothermal. Radioisotop yang sering digunakan adalah iridium-192, aurum-198, dan scandium-46.

## c. Pemanfaatan Radioisotop dalam Bidang Peternakan

Salah satu pemanfaatan radioisotop dalam bidang peternakan adalah *RIA* (*Radioimmuno Assay*), yaitu metode deteksi yang didasarkan pada interaksi antigen-antibodi. Antigen (hormon) yang berlabel radioaktif dapat digunakan untuk mendeteksi kandungan hormon dalam sampel. Isotop yang dapat digunakan untuk teknik *RIA* adalah H-3, C-14, dan I-125. Aplikasi *RIA* di bidang peternakan bertujuan untuk mengukur konsentrasi hormon progesteron dalam sampel serum darah atau susu.

Tujuan pengukuran progesteron ini adalah untuk mendeteksi pubertas ternak, mendeteksi gejala birahi, diagnosis kehamilan dini, mendukung program inseminasi buatan (IB), dan diagnosis kelainan reproduksi ternak. Dampak sosial ekonomi dari pengaplikasian teknik *RIA* adalah penghematan pelayanan IB, hamil tepat waktu, produksi susu stabil, dan perbaikan keturunan. Tahukah Anda pemanfaatan radioisotop lainnya dalam bidang peternakan?

## d. Pemanfaatan Radioisotop dalam Bidang Pertanian

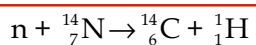
Dalam bidang pertanian, radioisotop dapat digunakan dalam pembuatan bibit unggul, penentuan waktu pemupukan yang tepat, dan pengendalian hama. Di Indonesia, berbagai penelitian mengenai penggunaan radioisotop untuk membuat bibit unggul tanaman industri telah dilakukan. Sejak 1982 hingga sekarang Pusat Aplikasi Teknologi Isotop dan Radiasi BATAN telah melepas 12 varietas padi unggul, 4 varietas kedelai unggul, dan 1 varietas kacang hijau unggul.

Radioisotop nitrogen-15 dapat digunakan untuk penentuan waktu pemupukan yang tepat. Pupuk yang mengandung N-15 dipantau dengan alat pencacah (pengukur radiasi). Ketika pencacah tidak lagi mendeteksi radiasi, artinya pupuk telah terserap habis. Dari data tersebut dapat diketahui jangka waktu pemupukan yang sesuai dengan usia tanaman.

Pengendalian hama menggunakan radioisotop dapat dilakukan dengan cara meradiasi sel kelamin hama jantan sehingga mandul. Kemudian, hama tersebut dilepas kembali. Oleh karena hama tersebut mandul, hama betina tidak dapat berkembang biak. Menurut Anda bagaimana jika hama betina yang diberi radiasi?

## e. Pemanfaatan Radioisotop dalam Bidang Arkeologi

Dalam bidang arkeologi, peluruhan radioisotop dimanfaatkan untuk mengukur usia fosil. Pengukuran ini didasarkan pada peluruhan isotop karbon-14 yang memiliki waktu paruh 5.730 tahun. Bagaimana peluruhan isotop karbon-14 ini dapat dimanfaatkan untuk menentukan usia batuan? Ketika sinar kosmik yang berenergi tinggi (mengandung partikel neutron) memasuki lapisan atmosfer, partikel neutron akan bereaksi dengan isotop nitrogen-14 menghasilkan isotop karbon-14.



Isotop karbon-14 tersebut kemudian bereaksi dengan unsur-unsur kimia lainnya membentuk senyawa yang dikonsumsi makhluk hidup. Selama

### Tantangan Kimia

Bersama kelompok Anda, carilah informasi dari media cetak atau internet mengenai berbagai varietas unggul yang berhasil dibuat peneliti di BATAN. Informasi meliputi jenis-jenis varietas, keunggulannya, serta informasi penting lainnya. Buatlah laporan mengenai hal tersebut.



Sumber: *Chemistry the Central Science*, 2000

### Gambar 4.8

Radioisotop karbon-14 digunakan untuk mengukur usia mumi ini, yaitu sekitar 3.100 tahun.

## Fakta

### Kimia

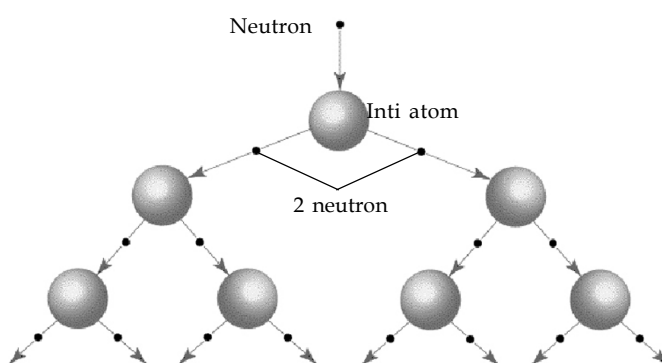
#### Reaksi Berantai

Sumber energi dalam reaktor nuklir atau ledakan nuklir adalah reaksi berantai. Inti uranium atau plutonium (terbelah), mengeluarkan neutron yang membelah inti lain. Dalam reaktor, kalor ini digunakan secara terkendali untuk menghasilkan listrik. Dalam ledakan bom, kalor ini dikeluarkan secara tak terkendali.

makhluk hidup tersebut hidup, jumlah karbon-14 di dalam tubuhnya tetap. Akan tetapi, ketika makhluk hidup tersebut meninggal, jumlah karbon-14 yang terkandung dalam makhluk hidup akan meluruh. Dengan mengukur jumlah karbon-14 yang meluruh, kita dapat menduga usia fosil tersebut.

#### f. Pemanfaatan Reaksi Fisi sebagai Energi

Perhatikan kembali reaksi penembakan isotop  $^{235}_{92}\text{U}$  oleh partikel neutron. Penembakan ini akan menghasilkan dua isotop yang lebih ringan ( $^{142}_{56}\text{Ba}$  dan  $^{91}_{36}\text{Kr}$ ) serta 3 partikel neutron dan disertai energi. Partikel neutron yang dihasilkan dapat bereaksi kembali dengan isotop  $^{235}_{92}\text{U}$  lainnya dan menghasilkan dua isotop yang lebih ringan dan partikel neutron. Reaksi tersebut terjadi secara terus-menerus hingga seluruh isotop  $^{235}_{92}\text{U}$  habis. Reaksi tersebut dinamakan reaksi berantai. Untuk lebih jelasnya, perhatikan gambar berikut.



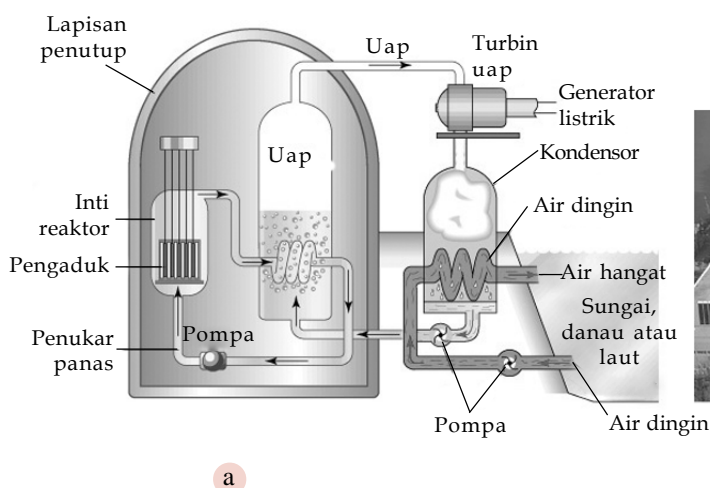
**Gambar 4.9**

Reaksi fisi berantai yang setiap reaksinya menghasilkan dua neutron.

## Tantangan Kimia

Carilah informasi dari berbagai media mengenai adanya reaktor nuklir di Indonesia dan pemanfaatannya. Diskusikanlah bersama teman Anda.

Reaksi berantai ini akan menghasilkan energi yang cukup besar. Tidak heran jika beberapa negara memanfaatkan energi yang dihasilkan reaksi berantai ini sebagai sumber energi. Energi yang berasal dari reaksi berantai ini dikenal dengan istilah energi nuklir. Salah satu bidang yang memanfaatkan energi nuklir untuk kepentingan masyarakat adalah bidang kelistrikan. Produksi energi nuklir sebagai sumber energi listrik dilakukan di dalam reaktor nuklir. Perhatikanlah gambar berikut.



**Gambar 4.10**

(a) Rancangan dasar dari pembangkit listrik tenaga nuklir. (b) Pabrik pembangkit nuklir di Salem, New Jersey, Amerika Serikat.

Sumber: Chemistry the Central Science, 2000

## 2. Dampak Unsur Radioaktif

Bagaikan dua sisi mata uang, selain memiliki banyak manfaat, sifat radioaktif juga memberikan dampak terhadap kehidupan manusia. Apa saja dampak negatif dari pemanfaatan sifat radioaktif di dalam kehidupan?

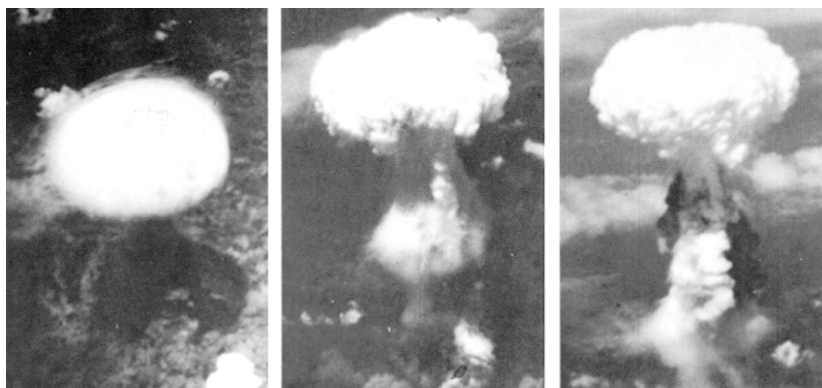
### a. Dampak Radiasi

Radiasi yang dihasilkan dari peluruhan radioisotop berbahaya bagi kesehatan manusia. Radiasi dapat mempercepat pembelahan sel tubuh. Efek radiasi terhadap tubuh manusia ini dipengaruhi oleh banyaknya radiasi, jenis radiasi, dan lama penyinaran. Semakin banyak dan semakin lama radiasi yang diterima oleh tubuh, semakin besar pula dampak yang diterima tubuh. Di antara 3 radiasi alfa, beta, dan gama, radiasi sinar gama yang paling berbahaya. Ini disebabkan oleh kemampuan sinar gama yang dapat menembus kulit, sel, tulang, dan tubuh bagian dalam. Perhatikan **Gambar 4.11**.

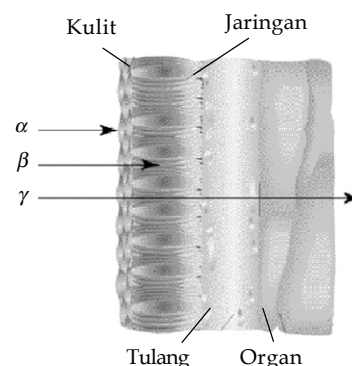
Untuk menjaga agar penggunaan radioisotop tidak berbahaya, perlu adanya petunjuk mengenai dosis radiasi yang boleh masuk ke dalam tubuh. Dalam hal ini, para peneliti terus-menerus melakukan penelitian.

### b. Dampak Reaksi Berantai yang Tidak Terkendali

Jika dapat dikendalikan, reaksi berantai dapat dimanfaatkan sebagai sumber energi listrik. Bagaimana jika tidak dikendalikan? Jika ini yang terjadi, tragedi kemanusiaan yang akan muncul. Reaksi berantai yang tidak terkendali mampu menghasilkan energi yang sangat besar dalam waktu singkat. Anda tentu mengetahui peristiwa pengeboman kota Hiroshima dan Nagasaki pada 1945 oleh Amerika Serikat. Pada Perang Dunia II (PD II) tersebut, tentara Amerika Serikat menjatuhkan bom atom ke dua kota di Jepang. Ribuan orang tewas seketika hanya dalam hitungan detik. Bom atom yang dijatuhkan Amerika Serikat tersebut dibuat dengan menggunakan prinsip reaksi berantai yang tidak terkendali. Apa sikap Anda setelah mengetahui dampak positif dan negatif dari reaksi berantai ini?



Sumber: *Chemistry the Central Science*, 2000



Sumber: *Chemistry the Central Science*, 2000

**Gambar 4.11**

Kemampuan menembus relatif dari radiasi sinar alfa, beta, dan gama.

## Fakta Kimia

### Penemuan Bom Nuklir

Pada 1905, 40 tahun sebelum ledakan nuklir pertama, **Albert Einstein** menunjukkan teorinya tentang relativitas khusus bahwa massa dan energi adalah sama dan dapat dipertukarkan. Ia juga mengemukakan bahwa reaksi rantai uranium dapat digunakan untuk membuat bom baru yang dahsyat.

**Gambar 4.12**

Bom atom yang diledakkan di Hiroshima dan Nagasaki

## Soal Penguasaan Materi 4.2

Kerjakanlah di dalam buku latihan Anda.

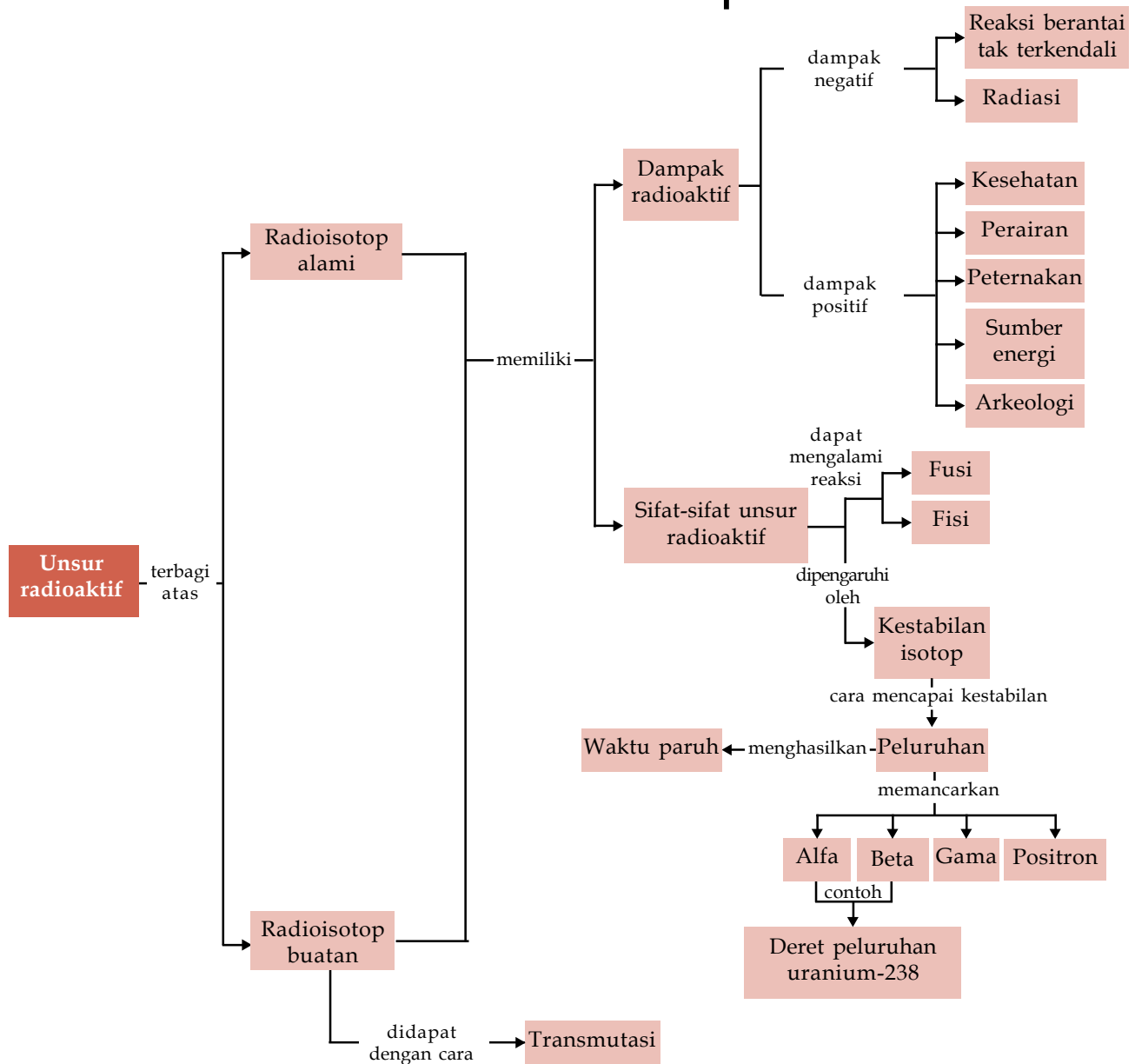
1. Tuliskanlah contoh kegunaan radioisotop.
2. Apakah kegunaan dan dampak reaksi berantai?
3. Apakah dampak dari penggunaan radiasi terhadap kesehatan?

## Rangkuman

1. Isotop adalah unsur-unsur dengan nomor atom yang sama, tetapi nomor massanya berbeda. Misalnya, hidrogen yang memiliki tiga buah isotop; H-1, H-2, dan H-3.
2. Sifat-sifat unsur radioaktif dipengaruhi oleh kestabilan isotopnya. Suatu isotop bersifat stabil jika jumlah proton dan neutronnya sama. Isotop-isotop yang tidak stabil secara alami mengalami peluruhan dengan memancarkan:
  - a. partikel alfa ( ${}^4_2\text{He}$  atau  ${}^4_2\alpha$ )
  - b. partikel beta ( ${}^0_{-1}\text{e}$  atau  ${}^0_{-1}\beta$ )
  - c. partikel gama ( ${}^0_0\gamma$ )
  - d. positron ( ${}^0_1\text{e}$ )
3. Waktu paruh adalah waktu yang diperlukan suatu radioisotop untuk meluruh separuhnya.
4. Unsur-unsur radioaktif dapat mengalami:
  - a. reaksi fisi adalah reaksi penembakan inti atom yang besar menjadi inti atom ringan;
  - b. reaksi fusi adalah reaksi penggabungan dua inti atom ringan menjadi inti atom yang besar.
5. Dampak dari unsur radioaktif:
  - a. dampak negatif di antaranya radiasi dan reaksi berantai yang tak terkendali;
  - b. dampak positif di antaranya untuk kesehatan, perairan, peternakan, dan arkeologi.

$$N_t = \left(\frac{1}{2}\right)^n \times N_0 \quad n = \frac{t}{t_{\frac{1}{2}}}$$

# Peta Konsep



## Kaji Diri

Bagaimanakah pendapat Anda setelah mempelajari materi **Kimia Inti** ini? Menyenangkan, bukan? Banyak hal yang menarik tentang materi Kimia Inti ini. Misalnya, Anda akan mengenal berbagai dampak negatif dan manfaat dari radioisotop dalam kehidupan sehari-hari.

Tujuan Anda mempelajari bab ini adalah agar Anda dapat mendeskripsikan unsur-unsur radioaktif dari sifat-sifat fisik dan sifat kimia, kegunaan, dan bahayanya. Apakah Anda dapat

mencapai tujuan belajar tersebut? Jika Anda mengalami kesulitan dalam mempelajari materi tertentu pada bab ini, bertanyalah kepada guru kimia Anda. Anda pun dapat berdiskusi dengan teman-teman untuk memecahkan permasalahan-permasalahan yang berkenaan dengan materi Kimia Inti ini. Belajarlah dengan baik. Pastikanlah Anda menguasai materi ini.



## Evaluasi Materi Bab 4

A. Pilihlah salah satu jawaban yang paling tepat dan kerjakanlah pada buku latihan Anda.

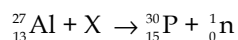
- Sinar radioaktif yang tidak bermassa, tetapi bermuatan negatif adalah ....  
A. proton  
B. alfa  
C. elektron  
D. positron  
E. neutron
- Jika nomor atom unsur radioaktif setelah meluruh bertambah 4, artinya unsur tersebut memancarkan partikel ....  
A. proton  
B. alfa  
C. elektron  
D. positron  
E. neutron
- Unsur radioaktif yang terletak di atas pita kestabilan inti mencapai kestabilannya dengan cara memancarkan partikel ....  
A. proton  
B. alfa  
C. gama  
D. elektron  
E. positron
- Reaksi perubahan  $^{24}_{11}\text{Na}$  menjadi  $^{24}_{10}\text{Ne}$  terjadi melalui pemancaran partikel ....  
A. elektron  
B. positron  
C. proton  
D. neutron  
E. gama
- Suatu radioisotop memiliki massa 6,4 g dan waktu paruh 8 jam. Setelah 1 hari, massa unsur tersebut menjadi ....  
A. 0,1 g  
B. 0,2 g  
C. 0,4 g  
D. 0,8 g  
E. 1,6 g
- Pada reaksi transmutasi,  $^{14}_7\text{N} (X, \alpha) ^{11}_6\text{C}$ , X adalah ....  
A. elektron  
B. positron  
C. neutron  
D. positron dan neutron  
E. partikel alfa
- Pada reaksi  $^{235}_{92}\text{U} + ^1_0\text{n} \rightarrow ^{91}_{36}\text{Kr} + ^{142}_{56}\text{Ba} + \dots$  terjadi pelepasan ....  
A. satu partikel beta  
B. tiga partikel alfa  
C. dua partikel neutron  
D. tiga partikel neutron  
E. dua partikel positron
- Pada reaksi:  $^{235}_{92}\text{U} \rightarrow ^{234}_{90}\text{Th} + X$   
X adalah ....  
A. proton  
B. alfa  
C. gama  
D. elektron  
E. positron
- Radioisotop yang dimanfaatkan di bidang arkeologi adalah ....  
A. C-14  
B. I-131  
C. Fe-59  
D. Co-60  
E. P-32
- Radioisotop berikut yang digunakan untuk pencitraan organ tubuh adalah ....  
A. I-131  
B. C-14  
C. Fe-59  
D. Co-60  
E. Tc-98
- Radiasi dapat berdampak buruk pada sel kulit, tulang, dan organ tubuh. Radiasi yang paling kuat adalah dari partikel ....  
A. positron  
B. neutron  
C. gama  
D. alfa  
E. beta
- Suatu radioisotop dengan massa 12 mg. Setelah beberapa hari, massanya menjadi 3 mg. Jika waktu paruhnya 22 hari, lamanya radioisotop tersebut meluruh adalah ....  
A. 42 hari  
B. 44 hari  
C. 40 hari  
D. 45 hari  
E. 20 hari
- Radioisotop yang digunakan dalam bidang perairan untuk menentukan arah gerakan air adalah ....  
A. Tc-99  
B. Co-60  
C. C-14  
D. Sc-46  
E. I-125
- Reaksi fisi dimanfaatkan untuk ....  
A. sumber energi listrik  
B. bom nuklir  
C. kedokteran  
D. pertanian  
E. arkeologi

15. Reaksi fusi yang terjadi antara deuterium dan tritium akan menghasilkan  ${}^4_2\text{He}$  dan ....

- A. partikel beta
- B. positron
- C. partikel alfa
- D. neutron
- E. isotop hidrogen

**B. Jawablah pertanyaan berikut dengan benar:**

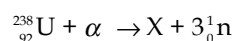
1. Jika atom ditembak dengan partikel X, akan terbentuk isotop P, sesuai dengan reaksi:



Tentukan unsur X.

2. Isotop kobalt-60 memiliki waktu paruh 5,26 tahun. Berapakah waktu yang diperlukan agar jumlah isotop kobalt-60 menjadi 25% dibandingkan jumlah semula?

3. Diketahui reaksi inti sebagai berikut:



Tentukan X.

4. Tuliskanlah persamaan untuk reaksi inti berikut.

a.  ${}^{90}_{40}\text{Zr}$  memancarkan partikel beta.

b.  ${}^{222}_{86}\text{Rn}$  memancarkan partikel alfa.

5. Sebutkan minimal dua manfaat radioisotop di bidang perairan.

### Soal Tantangan

1. Anda tentu menggunakan air setiap hari. Beberapa orang mungkin menggunakan jasa PDAM untuk memenuhi kebutuhan air bersih. Untuk dapat mencapai rumah, air dari PDAM dialirkan melalui pipa-pipa besi di dalam tanah. Pipa tersebut terkadang mengalami kebocoran. Oleh karena pipa terdapat di dalam tanah, deteksi dini terhadap kebocoran sulit untuk dilakukan. Salah satu cara mendeteksi kebocoran pipa air adalah dengan menggunakan radioisotop. Menurut Anda, bagaimana cara mengetahui adanya kebocoran pipa tanpa menggali permukaan tanah di atasnya? Radioisotop apa yang dapat digunakan untuk keperluan tersebut?

2. Dewasa ini, kebutuhan manusia akan energi listrik terus meningkat dikarenakan peningkatan populasi dan aktivitas manusia yang terus bertambah. Untuk itu, pemerintah berencana untuk membangun PLTN sebagai energi alternatif. Bagaimana prinsip kerja dari PLTN? Bagaimana pendapat Anda apabila di daerah Anda dibangun PLTN?

# Evaluasi Materi Semester 1

A. Pilihlah salah satu jawaban yang paling tepat dan kerjakanlah pada buku latihan Anda.

- Suatu larutan gliserin  $C_3H_5(OH)_3$  dibuat dengan melarutkan 45,0 gram senyawa tersebut dalam 100 gram  $H_2O$ . Jika diketahui  $A_r$  H = 1 g/mol, C = 12 g/mol, dan O = 16 g/mol, molalitas gliserin dalam larutan tersebut adalah ....  
A. 0,081 m  
B. 0,310 m  
C. 31,0 m  
D. 4,89 m  
E. 8,10 m
- Kemolalan suatu larutan 20% berat  $C_2H_5OH$  ( $M_r = 46$  g/mol) adalah ....  
A. 6,4  
B. 5,4  
C. 4,4  
D. 3,4  
E. 0,4
- Fraksi mol suatu larutan metanol  $CH_3OH$  dalam air 0,50. Konsentrasi metanol dalam larutan ini dinyatakan dalam persen berat adalah ....  
A. 50 %  
B. 60 %  
C. 64 %  
D. 75 %  
E. 80 %
- Suatu zat organik sebanyak 0,645 gram yang dilarutkan dalam 50 gram  $CCl_4$  memberikan  $\Delta T_b = 0,645$  °C. Jika  $K_b$  pelarut = 5,03 °C/m maka massa molekul relatif zat itu adalah ....  
A. 100  
B. 90  
C. 80  
D. 70  
E. 50
- Asam benzoat ( $M_r = 122$ ) sebanyak 12,2 gram dilarutkan dalam 122 gram etanol menyebabkan kenaikan titik didih 1 °C. Besarnya tetapan kenaikan titik didih molal etanol ( $K_b$ ) adalah ....  
A. 2,24 °C/m  
B. 1,83 °C/m  
C. 1,55 °C/m  
D. 1,22 °C/m  
E. 1,71 °C/m
- Jika 10 g dari masing-masing zat berikut ini dilarutkan dalam 1 kg air, zat yang akan memberikan larutan dengan titik beku paling rendah adalah ....  
A. Etanol,  $C_2H_5OH$   
B. Gliserin,  $C_3H_8O_3$   
C. Glukosa,  $C_6H_{12}O_6$   
D. Metanol,  $CH_3OH$   
E. Semua zat diatas memberikan efek yang sama
- Di antara kelima larutan berikut ini yang memiliki titik didih paling rendah adalah ....  
A.  $C_6H_{12}O_6$  0,03 M  
B.  $Mg(NO_3)_2$  0,02 M  
C. NaCl 0,02 M  
D.  $Al_2(SO_4)_3$  0,01 M  
E.  $KAl(SO_4)_2$  0,03 M
- Agar 10 kg air tidak membeku pada suhu -5 °C perlu ditambahkan garam NaCl. Jika diketahui  $K_b$  air = 1,86 dan  $A_r$  H = 1 g/mol, O = 16 g/mol, Na = 23 g/mol dan Cl = 35,5 g/mol maka pernyataan yang *tidak* benar adalah ....  
A. diperlukan NaCl lebih dari 786 gram  
B. larutan NaCl adalah elektrolit kuat  
C. bentuk molekul air tetrahedral  
D. NaCl dapat terionisasi sempurna  
E. dalam air terdapat ikatan hidrogen
- Tekanan uap air murni pada suhu tertentu adalah 32 cmHg. Penurunan tekanan uap larutan etanol,  $C_2H_5OH$  46% adalah ....  
( $A_r$  H = 1 g/mol, C = 12 g/mol, O = 16 g/mol)  
A. 2  
B. 4  
C. 8  
D. 10  
E. 12
- Tekanan osmotik darah pada suhu 25°C sebesar 7,7 atm. Kepekatan larutan glukosa ( $M_r = 180$  g/mol) sebagai infus dalam g/L agar isotonis dengan tekanan darah adalah .... ( $R = 0,082$  L atm/ mol K)  
A. 14,67 g/L  
B. 28,34 g/L  
C. 44,01 g/L  
D. 56,72 g/L  
E. 85,02 g/L
- Sebanyak 13,35 gram  $AX_3$  dilarutkan dalam air hingga 250 mL,  $R = 0,082$  L atm/ mol K, derajat ionisasi = 0,25 dan suhu 27 °C memiliki tekanan osmotik 17,22 atm. Jika  $A_r$  X = 35,5 g/mol maka  $A_r$  A adalah ....  
A. 18  
B. 27  
C. 36  
D. 52  
E. 60
- Pada reaksi (belum setara)  
 $H_2SO_4(aq) + HI(aq) \rightarrow H_2S(aq) + I_2(aq) + H_2O(l)$   
Satu mol asam sulfat dapat mengoksidasi hidrogen iodida sebanyak ....  
A. 1 mol  
B. 2 mol  
C. 4 mol  
D. 6 mol  
E. 8 mol

13. Pada persamaan reaksi redoks berikut:  

$$a \text{MnO}_4^-(aq) + 6 \text{H}^+(aq) + b \text{C}_2\text{H}_2\text{O}_4(aq) \rightarrow a \text{Mn}^{2+}(aq) + 8 \text{H}_2\text{O}(l) + 10 \text{CO}_2(g)$$
 a dan b berturut-turut ....  
 A. 2 dan 3  
 B. 2 dan 4  
 C. 2 dan 5  
 D. 3 dan 5  
 E. 4 dan 4
14. Asam sulfida ( $\text{H}_2\text{S}$ ) dapat dioksidasi oleh  $\text{KMnO}_4$  menghasilkan antara lain  $\text{K}_2\text{SO}_4$  dan  $\text{MnO}_2$ . Dalam reaksi ini setiap mol  $\text{H}_2\text{S}$  melepaskan ....  
 A. 2 molekul  $e^-$   
 B. 4 molekul  $e^-$   
 C. 5 molekul  $e^-$   
 D. 7 molekul  $e^-$   
 E. 8 molekul  $e^-$
15. Dari data  $E^\circ_{\text{Zn}} = -0,76$  volt, dapat dikatakan bahwa dalam keadaan standar ....  
 A. reaksi  $\text{Zn}^{2+} + 2 e^- \rightarrow \text{Zn}$  selalu tidak spontan  
 B. ion  $\text{Zn}^{2+}$  adalah oksidator kuat  
 C. ion  $\text{H}^+$  lebih mudah tereduksi daripada ion  $\text{Zn}^{2+}$   
 D. Zn memiliki kecenderungan yang lebih besar untuk larut sebagai ion  $\text{Zn}^{2+}$   
 E.  $\text{H}_2$  adalah reduktor yang lebih kuat daripada Zn
16. Dari tiga logam X, Y, Z, diketahui: Y dan Z dapat membebaskan Y dari larutan garamnya dan hanya Z dapat membebaskan hidrogen dari air. Urutan ketiga logam tersebut berdasarkan daya reduksi yang menurun adalah ....  
 A. X - Y - Z  
 B. Y - Z - X  
 C. Z - X - Y  
 D. Z - Y - X  
 E. X - Z - Y
17. Diketahui:  

$$\text{Ni}^{2+}(aq) + 2 e^- \rightarrow \text{Ni}(s) \quad E^\circ = -0,25 \text{ V}$$

$$\text{Pb}^{2+}(aq) + 2 e^- \rightarrow \text{Pb}(s) \quad E^\circ = -0,13 \text{ V}$$
 Potensial standar sel volta yang terdiri dari elektrode Ni dan Pb adalah ....  
 A. -0,38 V  
 B. -0,12 V  
 C. +0,12 V  
 D. +0,25 V  
 E. +0,38 V
18. Larutan  $\text{Cu}(\text{NO}_3)_2$  dielektrolisis dengan elektrode platina dan diperoleh tembaga 12,7 gram ( $A_r \text{ Cu} = 63,5 \text{ g/mol}$ ). Volume oksigen yang dihasilkan pada anode (STP) adalah ....  
 A. 1,12 L  
 B. 2,24 L  
 C. 3,36 L  
 D. 4,48 L  
 E. 5,60 L
19. Sebanyak 1 L larutan  $\text{CrCl}_3$  1,0 M dielektrolisis dengan arus 6,00 A. Waktu yang diperlukan untuk mengendapkan semua logam kromium ( $A_r \text{ Cr} = 52 \text{ g/mol}$ ,  $1F = 96.500 \text{ C/mol}$ ) adalah ....  
 A. 289.500 detik  
 B. 96.500 detik  
 C. 48.250 detik  
 D. 32.167 detik  
 E. 16.083 detik
20. Dalam suatu proses eletrolisis larutan asam sulfat encer terjadi  $2,24 \text{ dm}^3$  gas hidrogen (STP). Jika jumlah muatan listrik yang sama dialirkan ke dalam larutan perak nitrat ( $A_r \text{ Ag} = 108 \text{ g/mol}$ ) maka banyaknya perak yang mengendap pada katode adalah ....  
 A. 2,7 gram  
 B. 5,4 gram  
 C. 10,8 gram  
 D. 21,6 gram  
 E. 43,2 gram
21. Pada elektrolisis larutan  $\text{LiSO}_4$  dengan menggunakan elektrode Pt, ternyata dihasilkan 0,3175 g logam L di katode. Larutan hasil elektrolisis tepat dinetralkan dengan 50 mL larutan  $\text{Ca}(\text{OH})_2$  0,1 M. Massa atom relatif logam L adalah ....  
 A. 56,0  
 B. 63,5  
 C. 65,0  
 D. 122,0  
 E. 127,0
22. Unsur-unsur periode ketiga terdiri atas Na, Mg, Al, Si, P, S, Cl, dan Ar. Berdasarkan konfigurasi elektronnya maka dapat dikatakan bahwa ....  
 A. Na paling sukar bereaksi  
 B. P, S, dan Cl cenderung membentuk basa  
 C. Si adalah logam  
 D. Na, Mg, dan Al dapat berperan sebagai pengoksidasi  
 E. Energi ionisasi pertama Ar paling besar
23. Waktu paruh kobalt-60 adalah 5,3 tahun. Jika jumlah sampel kobalt-60 pada awalnya sebesar 1.000 mg maka jumlah sampel kobalt-60 yang tersisa setelah 15,9 tahun adalah ....  
 A. 0,215 mg  
 B. 0,500 mg  
 C. 0,150 mg  
 D. 0,125 mg  
 E. 1,000 mg
24. Isotop stronsium-90 pada awalnya sejumlah 1.000 g, setelah 2 tahun jumlahnya berkurang menjadi 0,953 g. Waktu paruh stronsium-90 tersebut adalah ....  
 A. 28 tahun  
 B. 28 bulan  
 C. 30 bulan  
 D. 28,8 bulan  
 E. 28,8 tahun



25. Pada reaksi transmutasi,  ${}^{14}_7\text{N} (X, \alpha) {}^{11}_6\text{C}$  X adalah ....

- A. elektron
- B. positron
- C. neutron
- D. sinar gama
- E. partikel alfa

**B. Jawablah pertanyaan berikut dengan benar:**

1. Sebanyak 80 g NaOH ( $M_r = 40$  g/mol) dilarutkan ke dalam 500 g air ( $M_r = 18$  g/mol), tentukan:
  - a. molalitas larutan;
  - b. fraksi mol NaOH.
2. Setarakan reaksi redoks berikut ini:
  - a.  $\text{BrO}_3^-(aq) + \text{N}_2\text{H}_4(g) \rightarrow \text{NO}_3^-(aq) + \text{Br}^-(aq)$
  - b.  $\text{Fe}^{2+}(aq) + \text{Cr}_2\text{O}_7^{2-}(aq) \rightarrow \text{Fe}^{3+}(aq) + \text{Cr}^{3+}(aq) + \text{H}_2\text{O}(l)$
3. Sebanyak 30 gram urea,  $\text{CO}(\text{NH}_2)_2$  ( $M_r = 60$  g/mol) dilarutkan ke dalam 400 g air. Jika  $K_b$  air =  $0,52^\circ\text{C}/m$  dan  $K_f$  air =  $1,86^\circ\text{C}/m$ , tentukan:
  - a. kenaikan titik didih;
  - b. penurunan titik beku.
4. Jika larutan  $\text{NiSO}_4$  ( $A_r \text{ Ni} = 58,71$  g/mol) dielektrolisis dengan arus 2 faraday, tentukan:
  - a. reaksi di katode dan di anode;
  - b. massa Ni yang mengendap di katode;
  - c. volume gas (STP) terbentuk di anode.
5. Tuliskanlah persamaan untuk reaksi inti berikut.
  - a.  ${}^{90}_{40}\text{Zr}$  memancarkan partikel beta.
  - b.  ${}^{222}_{86}\text{Rn}$  memancarkan partikel alfa.



# B a b 5

## Senyawa Karbon Turunan Alkana



Sumber: [www.rivieraconcepts.com](http://www.rivieraconcepts.com)

Pada bab ini, Anda akan diajak untuk dapat memahami senyawa organik dan reaksinya, benena dan turunannya, serta makromolekul dengan cara mendeskripsikan struktur, cara penulisan, tata nama, sifat, kegunaan, dan identifikasi senyawa karbon (haloalkana, alkanol, alkoksi alkana, alkanal, alkanon, asam alkanoat, dan alkil alkanoat).

Pada Kelas X, Anda telah mempelajari senyawa hidrokarbon alkana, alkena, dan alkuna. Dari senyawa-senyawa tersebut, dapat diperoleh berbagai senyawa turunan yang berperan di dalam keseharian kita.

Anda tentu pernah menggunakan minyak wangi. Aroma yang dihasilkannya bermacam-macam. Ada minyak wangi yang beraroma buah atau bunga. Tahukah Anda zat kimia apakah yang digunakan pada minyak wangi?

Minyak wangi menggunakan ester yang merupakan senyawa karbon turunan alkana sebagai pemberi aroma wangi. Ester dapat dibuat dengan mereaksikan asam karboksilat dan alkohol dengan katalis asam sulfat, reaksi ini disebut esterifikasi. Bagaimanakah tata nama, isomer, dan sifat dari ester? Bagaimana pula dengan senyawa karbon turunan alkana lainnya, seperti haloalkana, alkohol, eter, aldehyd, keton, dan asam karboksilat? Pelajarilah bab ini agar Anda memahaminya.

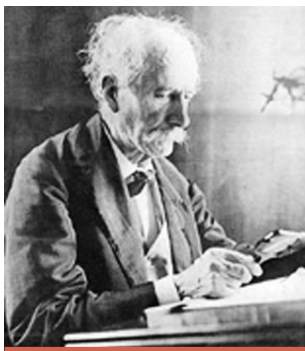
- A. Struktur Senyawa Karbon
- B. Tata Nama Senyawa Karbon
- C. Sifat Senyawa Karbon
- D. Identifikasi Senyawa Karbon
- E. Kegunaan Senyawa Karbon



## Soal Pramateri

1. Apakah yang dimaksud dengan senyawa karbon?
2. Apakah perbedaan dan persamaan antara senyawa karbon, senyawa hidrokarbon, dan senyawa organik?
3. Apakah yang dimaksud dengan gugus fungsi?

## Legenda Kimia



Marcellin Barthelot (1827–1907) membuat banyak senyawa organik dari senyawa-senyawa atau unsur-unsur anorganik. Dia menunjukkan bahwa tumbuhan dan binatang bukan sumber satu-satunya senyawa organik.

Sumber: [www.fbv.fh-frankfurt.com](http://www.fbv.fh-frankfurt.com)

## A Struktur Senyawa Karbon

Karena keunikannya, atom karbon dapat membentuk ribuan senyawa karbon. Perhatikanlah tubuh Anda, semua bagiannya terdiri atas senyawa-senyawa karbon yang Tuhan ciptakan sedemikian rupa sehingga menjadi suatu susunan yang utuh dan sempurna. Karbon dapat membentuk senyawa lebih banyak dibandingkan dengan unsur yang lain karena karbon tidak hanya membentuk ikatan tunggal, rangkap, dan rangkap tiga, tetapi juga dapat berikatan membentuk struktur cincin. Cabang ilmu Kimia yang berhubungan dengan senyawa karbon disebut Kimia Organik.

Untuk memudahkan dalam mempelajari senyawa karbon, para ahli kimia mengelompokkan senyawa karbon ke dalam beberapa kelompok. Tahukah Anda, bagaimana cara mengelompokkan senyawa karbon? Lakukanlah kegiatan berikut.

## Selidikilah 5.1

### Gugus Fungsi

#### Tujuan

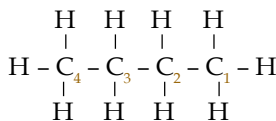
Menyelidiki gugus fungsi pada senyawa kimia

#### Alat dan Bahan

Struktur senyawa kimia

#### Langkah Kerja

1. Perhatikan struktur kimia senyawa alkana berikut.



2. Gantilah salah satu unsur H dengan atom/molekul berikut.
  - -OH
  - -Cl
3. Sisipkan atom -O- di antara atom C, misalnya antara atom C<sub>1</sub> dan C<sub>2</sub>, C<sub>2</sub> dan C<sub>3</sub>, atau C<sub>3</sub> dan C<sub>4</sub>.
4. Gantilah molekul CH di bagian ujung dengan atom/molekul berikut.
  - -CO
  - -COOH
  - -COH
  - -COOCH<sub>3</sub>

#### Jawablah pertanyaan berikut untuk menarik kesimpulan.

1. Apakah nama kelompok senyawa karbon yang memiliki gugus -OH?
2. Apakah nama kelompok senyawa karbon yang memiliki gugus -Cl?
3. Apakah nama kelompok senyawa karbon yang memiliki gugus -O-?
4. Apakah nama kelompok senyawa karbon yang memiliki gugus -CO?
5. Apakah nama kelompok senyawa karbon yang memiliki gugus -COH?
6. Apakah nama kelompok senyawa karbon yang memiliki gugus -COOH?
7. Apakah nama kelompok senyawa karbon yang memiliki gugus -COOCH<sub>3</sub>?

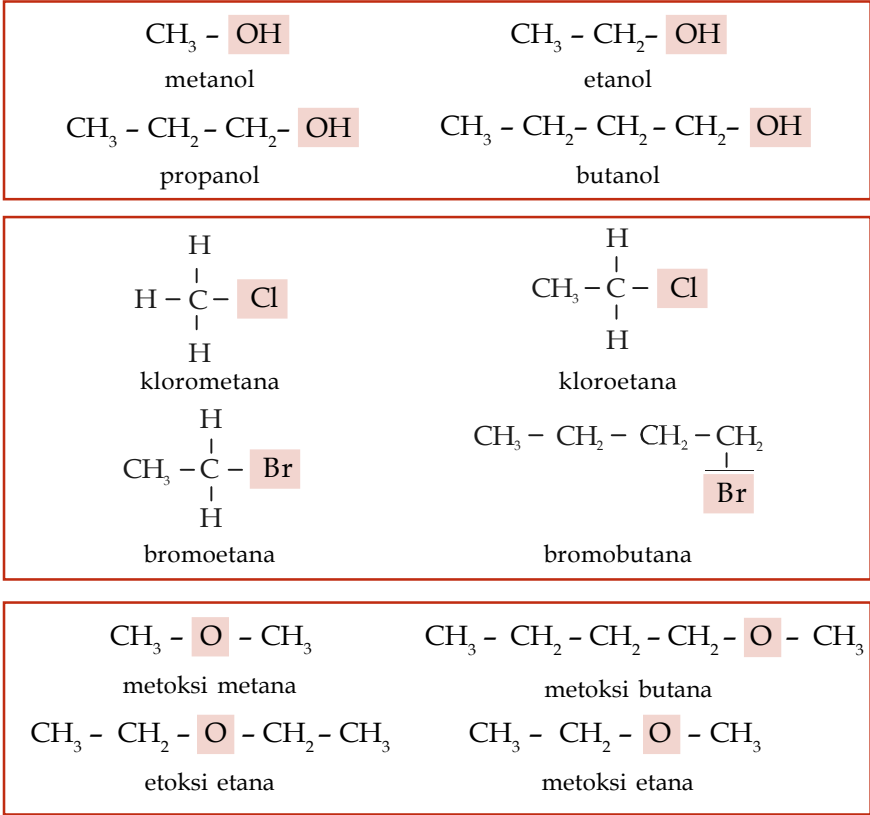
Diskusikan hasil yang Anda peroleh dengan teman Anda.

Setelah Anda menyelidiki gugus fungsi pada senyawa kimia, bandingkanlah kesimpulan yang Anda peroleh dengan penjelasan berikut.

Senyawa karbon dapat dikelompokkan berdasarkan gugus fungsi yang dimilikinya. Gugus fungsi adalah gugus atom atau molekul yang berperan pada sifat kimia suatu senyawa. Suatu senyawa yang memiliki gugus fungsi yang sama akan memiliki kemiripan reaksi. Berikut ini beberapa gugus fungsi yang lazim dimiliki senyawa karbon.

Tabel 5.1 Gugus Fungsi Senyawa Karbon	
Gugus Fungsi	Kelompok Senyawa Karbon
- OH	Alkohol
- O -	Eter
$\begin{array}{c} \text{O} \\ \parallel \\ -\text{C}- \end{array}$	Keton
$\begin{array}{c} \text{O} \\ \parallel \\ -\text{C}-\text{H} \end{array}$	Aldehid
- X (X = halogen)	Haloalkana
$\begin{array}{c} \text{O} \\ \parallel \\ -\text{C}-\text{OH} \end{array}$	Asam karboksilat
$\begin{array}{c} \text{O} \\ \parallel \\ -\text{C}-\text{OR} \end{array}$	Ester

Alkohol adalah senyawa karbon yang memiliki gugus hidroksil (-OH). Haloalkana adalah senyawa karbon yang mengikat atom halogen. Atom halogen ini menggantikan posisi atom hidrogen. Eter adalah senyawa karbon yang memiliki gugus alkoksi (-O-). Berikut beberapa struktur senyawa alkohol, haloalkana, dan eter.



**Gambar 5.1** Struktur kimia dari sebagian senyawa alkohol

**Gambar 5.2** Pada senyawa haloalkana, atom halogen menggantikan atom hidrogen.

**Gambar 5.3** Struktur kimia dari sebagian senyawa eter

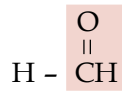
Gugus fungsi yang dimiliki keton dan aldehid dinamakan gugus karbonil, yaitu gugus fungsi yang terdiri atas atom oksigen yang berikatan rangkap dengan atom karbon. Jika gugus karbonil tersebut diapit oleh dua atau lebih atom karbon, senyawa karbon tersebut dinamakan keton. Jika



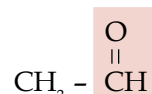
gugus karbonil terletak di ujung rantai karbon, senyawa karbon seperti ini disebut aldehid.

**Gambar 5.4**

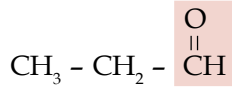
Senyawa aldehid memiliki gugus karbonil yang terletak di ujung rantai karbon.



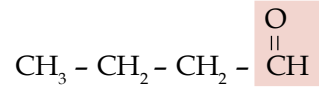
metanal



etanal



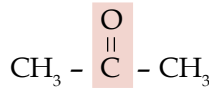
propanal



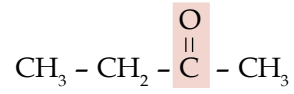
butanal

**Gambar 5.5**

Senyawa keton memiliki gugus karbonil yang diapit atom-atom karbon.



propanon

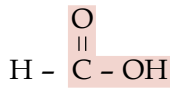


butanon

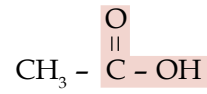
Bagaimanakah dengan asam karboksilat dan ester? Asam karboksilat dan ester juga memiliki gugus karbonil. Perbedaannya dengan keton dan aldehid adalah atom oksigen yang diikatnya berjumlah dua. Satu atom oksigen berikatan ganda dengan atom karbon, sedangkan satunya berikatan tunggal dengan atom karbon. Atom oksigen yang berikatan tunggal dengan atom karbon, berikatan juga dengan atom hidrogen (untuk asam karboksilat), dan berikatan dengan gugus alkil (untuk ester). Perhatikan struktur asam karboksilat dan ester berikut.

**Gambar 5.6**

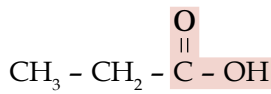
Senyawa asam karboksilat memiliki gugus  $\text{COOH}$  yang terletak di ujung rantai karbon.



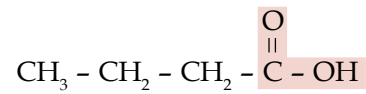
asam metanoat



asam etanoat



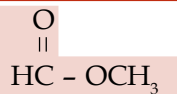
asam propanoat



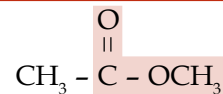
asam butanoat

**Gambar 5.7**

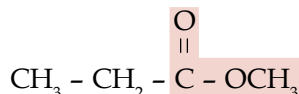
Pada senyawa ester, gugus alkil menggantikan atom hidrogen pada asam karboksilat.



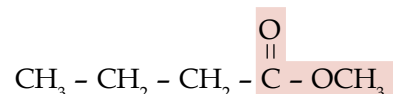
metil metanoat



metil etanoat



metil propanoat



metil butanoat

## Soal Penguasaan Materi 5.1

Kerjakanlah di dalam buku latihan Anda.

1. Apakah yang membedakan keton dan aldehid?
2. Tuliskanlah perbedaan dan persamaan antara alkohol dan haloalkana.
3. Bagaimanakah cara membedakan asam karboksilat dan ester dilihat dari struktur kimianya?

## B Tata Nama Senyawa Karbon

Sebelumnya, Anda telah mengetahui pengelompokan senyawa karbon berdasarkan gugus fungsi yang dimilikinya. Anda juga telah mengetahui beberapa struktur kimia dari senyawa-senyawa tersebut pada **Gambar 5.1, 5.2, 5.3, 5.4, 5.5, 5.6, dan 5.7**. Tahukah Anda, cara memberi nama senyawa-senyawa karbon tersebut? Penulisan nama senyawa karbon tidak jauh berbeda dengan penulisan nama senyawa hidrokarbon golongan alkana. Untuk menyegarkan ingatan Anda mengenai tata nama alkana, perhatikanlah contoh berikut.

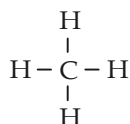
### Contoh 5.1

Tentukanlah nama senyawa hidrokarbon berikut.

- $\text{CH}_4$
- $\text{C}_2\text{H}_6$
- $\text{C}_3\text{H}_8$
- $\text{C}_4\text{H}_{10}$

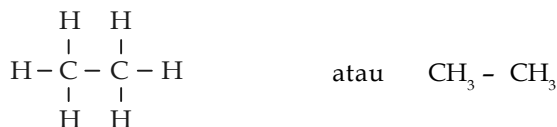
#### Jawab

- a. Struktur kimia  $\text{CH}_4$  dapat digambarkan sebagai berikut.



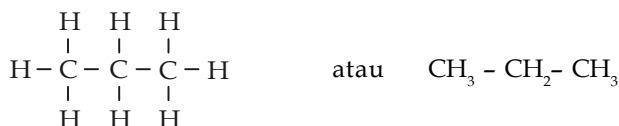
$\text{CH}_4$  memiliki ikatan tunggal (**-ana**) dengan jumlah atom C sebanyak 1 (**meta**).  
Jadi,  $\text{CH}_4$  memiliki nama **metana**.

- b. Struktur kimia  $\text{C}_2\text{H}_6$  dapat digambarkan sebagai berikut.



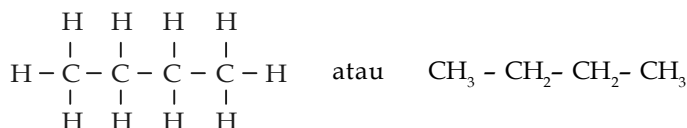
$\text{C}_2\text{H}_6$  memiliki ikatan tunggal (**-ana**) dengan jumlah atom C sebanyak 2 (**eta**).  
Jadi,  $\text{C}_2\text{H}_6$  memiliki nama **etana**.

- c. Struktur kimia  $\text{C}_3\text{H}_8$  dapat digambarkan sebagai berikut.



$\text{C}_3\text{H}_8$  memiliki ikatan tunggal (**-ana**) dengan jumlah atom C sebanyak 3 (**propa**).  
Jadi,  $\text{C}_3\text{H}_8$  memiliki nama **propana**.

- d. Struktur kimia  $\text{C}_4\text{H}_{10}$  dapat digambarkan sebagai berikut.



$\text{C}_4\text{H}_{10}$  memiliki ikatan tunggal (**-ana**) dengan jumlah atom C sebanyak 4 (**buta**).  
Jadi,  $\text{C}_4\text{H}_{10}$  memiliki nama **butana**.

### Kata Kunci

- Gugus fungsi
- Tata nama



## 1. Tata Nama Alkohol dan Eter

Pada prinsipnya, penamaan senyawa turunan alkana sama dengan penamaan senyawa alkana. Caranya adalah dengan mengubah akhiran **-ana** dengan akhiran lain sesuai dengan gugus fungsi yang dimiliki setiap kelompok senyawa. Agar lebih jelas, lakukanlah kegiatan berikut.

### Selidikilah 5.2

#### Tata Nama Alkohol

##### Tujuan

Menyelidiki aturan tata nama alkohol

##### Alat dan Bahan

Data struktur dan rumus kimia senyawa

##### Langkah Kerja

1. Amatilah tabel berikut.

### *Anda Harus Ingat*

Senyawa alkohol memiliki gugus fungsi OH dengan rumus umum  $C_nH_{2n+2}O$ .

### *You Must Remember*

Alcohol compound has O functional group with  $C_nH_{2n+2}O$  as general formula.

	Struktur	Rumus Kimia	Nama
Alkana	$\begin{array}{c} \text{H} \\   \\ \text{H} - \text{C} - \text{H} \\   \\ \text{H} \end{array}$	$\text{CH}_4$	Metana
	$\begin{array}{c} \text{H} \quad \text{H} \\   \quad   \\ \text{H} - \text{C} - \text{C} - \text{H} \\   \quad   \\ \text{H} \quad \text{H} \end{array}$	$\text{C}_2\text{H}_6$	Etana
Alkohol	$\begin{array}{c} \text{H} \\   \\ \text{H} - \text{C} - \text{OH} \\   \\ \text{H} \end{array}$	$\text{CH}_3\text{OH}$	Metanol
	$\begin{array}{c} \text{H} \quad \text{H} \\   \quad   \\ \text{H} - \text{C} - \text{C} - \text{OH} \\   \quad   \\ \text{H} \quad \text{H} \end{array}$	$\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}$	Etanol

Jawablah pertanyaan berikut untuk menarik kesimpulan.

1. Adakah hubungan antara akhiran nama senyawa dengan jenis gugus fungsi?
2. Adakah hubungan antara awalan nama senyawa dengan jumlah atom C?
3. Bagaimanakah cara memberi nama senyawa alkohol?
4. Apakah rumus umum dari alkohol?

Diskusikan hasil yang Anda peroleh dengan teman Anda.

Bandungkanlah kesimpulan yang Anda peroleh dengan penjelasan berikut.

Jika diperhatikan dengan saksama, perbedaan yang paling jelas antara alkana dan alkohol adalah jenis gugus fungsinya. Senyawa alkohol memiliki gugus fungsi  $-\text{OH}$  dengan rumus umum  $C_nH_{2n+2}O$ . Berdasarkan rumus tersebut, kita dapat mengetahui rumus kimia suatu alkohol dengan cara menghitung jumlah atom C-nya. Tabel berikut memperlihatkan rumus kimia beberapa senyawa alkohol.

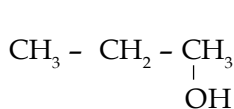


**Tabel 5.2** Rumus Kimia Beberapa Senyawa Alkohol

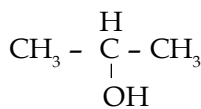
umlah Atom C	Rumus Kimia Alkohol
1	$\text{CH}_3\text{OH}$
2	$\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}$
3	$\text{C}_3\text{H}_7\text{OH}$
4	$\text{C}_4\text{H}_9\text{OH}$
5	$\text{C}_5\text{H}_{11}\text{OH}$
6	$\text{C}_6\text{H}_{13}\text{OH}$
7	$\text{C}_7\text{H}_{15}\text{OH}$
8	$\text{C}_8\text{H}_{17}\text{OH}$
9	$\text{C}_9\text{H}_{19}\text{OH}$

Gugus hidroksil pada senyawa alkohol menggantikan posisi 1 atom H pada senyawa alkana. Oleh karena gugus fungsi  $-\text{OH}$  menggantikan posisi 1 atom H maka penamaan alkohol dilakukan dengan cara mengganti akhiran **-ana** menjadi **-nol**. Jadi,  $\text{CH}_3\text{OH}$  memiliki nama metanol, sedangkan  $\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}$  memiliki nama etanol.

Aturan tersebut hanya berlaku jika jumlah atom karbon pada senyawa alkohol tidak lebih dari 2. Bagaimanakah jika jumlah atom karbon pada senyawa alkohol lebih dari 2? Senyawa alkohol yang mengandung lebih dari 2 atom karbon akan memiliki struktur kimia lebih dari satu. Misalnya, senyawa alkohol dengan rumus kimia  $\text{C}_3\text{H}_7\text{OH}$  memiliki dua struktur kimia. Perhatikanlah gambar berikut.



1-propanol



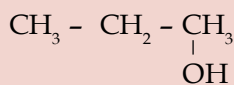
2-propanol

Dari gambar tersebut, dapat disimpulkan bahwa kedua struktur senyawa alkohol tersebut hanya berbeda pada posisi gugus  $-\text{OH}$ . Apa nama kedua senyawa alkohol tersebut? Berikut langkah-langkah penamaan senyawa alkohol.

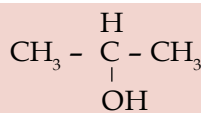
#### Aturan Penamaan Senyawa Alkohol Rantai Lurus

1. Periksa jenis gugus fungsinya. Jika memiliki gugus  $-\text{OH}$ , berarti senyawa tersebut merupakan senyawa alkohol.
2. Hitung jumlah atom C-nya.
3. Jika jumlahnya tidak lebih dari dua, tuliskan awalan berdasarkan jumlah atom C-nya dan diakhiri dengan akhiran **-nol**.
4. Jika jumlahnya lebih dari dua, beri nomor pada rantai karbon sedemikian rupa sehingga gugus  $-\text{OH}$  menempel pada atom C yang paling kecil. Kemudian, tuliskan nomor, diikuti nama awalan berdasarkan jumlah atom C-nya, dan diakhiri dengan akhiran **-nol**.

Berdasarkan aturan tersebut, nama senyawa-senyawa alkohol dengan rumus kimia  $\text{C}_3\text{H}_7\text{OH}$  adalah



1-propanol



2-propanol

### Anda Harus

#### Ingat

Penamaan alkohol yang sederhana yaitu dengan mengubah suku kata terakhir dari suatu alkana menjadi **nol**. Misalnya, etana menjadi etanol.

#### You Must Remember

The simple alcohols are named by changing the last letter in the name of the corresponding alkane to **ol**. For example, Ethane becomes ethanol.

### Kata Kunci

- Alkana
- Alkohol





Agar Anda lebih memahami cara penamaan senyawa alkohol, pelajilah contoh soal berikut.

### Contoh 5.2

Tentukanlah nama senyawa alkohol berikut.

- a.  $\text{CH}_3 - \text{CH}_2 - \text{CH}_2 - \underset{\substack{| \\ \text{OH}}}{\text{CH}_2}$
- b.  $\text{CH}_3 - \text{CH}_2 - \text{CH}_2 - \underset{\substack{| \\ \text{OH} \\ | \\ \text{H}}}{\text{C}} - \text{CH}_2 - \text{CH}_3$
- c.  $\text{CH}_3 - \text{CH}_2 - \text{CH}_2 - \text{CH}_2 - \text{CH}_2 - \underset{\substack{| \\ \text{H} \\ | \\ \text{OH}}}{\text{C}} - \text{CH}_3$

#### Jawab

- a. Dari struktur kimianya, dapat diketahui bahwa senyawa alkohol ini memiliki 4 atom C dan gugus -OH-nya berada pada atom C nomor 1 sehingga namanya adalah **1-butanol**.
- b. Dari struktur kimianya, dapat diketahui bahwa senyawa alkohol ini memiliki 6 atom C dan gugus -OH-nya berada pada atom C nomor 3 sehingga namanya adalah **3-heksanol**.
- c. Dari struktur kimianya, dapat diketahui bahwa senyawa alkohol ini memiliki 7 atom C dan gugus -OH-nya berada pada atom C nomor 2 sehingga namanya adalah **2-heptanol**.

### Kata Kunci

- Alkil
- Rantai cabang
- Rantai induk
- Rantai lurus

### Contoh 5.3

Gambarkanlah struktur senyawa alkohol berikut.

- a. 2-butanol
- b. 2-heksanol

#### Jawab

Untuk menuliskan struktur senyawa alkohol, tentukan terlebih dahulu rantai karbonnya. Kemudian, tempatkan gugus -OH.

- a.  $\text{CH}_3 - \text{CH}_2 - \underset{\substack{| \\ \text{OH} \\ | \\ \text{H}}}{\text{C}} - \text{CH}_3$
- b.  $\text{CH}_3 - \text{CH}_2 - \text{CH}_2 - \text{CH}_2 - \underset{\substack{| \\ \text{OH} \\ | \\ \text{H}}}{\text{C}} - \text{CH}_3 - \underset{\substack{| \\ \text{OH} \\ | \\ \text{H}}}{\text{C}} - \text{CH}_3$

Seperti halnya senyawa alkana, struktur senyawa alkohol juga ada yang memiliki rantai cabang. Bagaimanakah penamaan senyawa alkohol bercabang? Berikut aturan penamaan senyawa alkohol yang memiliki rantai cabang.

#### Aturan Penamaan Senyawa Alkohol Rantai Bercabang

1. Tentukanlah rantai induk (rantai terpanjang yang memiliki gugus -OH) dan rantai cabangnya.
2. Beri nomor pada rantai induk sedemikian rupa sehingga gugus -OH menempel pada atom C yang paling kecil.
3. Rantai induk diberi nama sesuai aturan penamaan senyawa alkohol rantai lurus.
4. Rantai cabang diberi nama sesuai jumlah atom C dan struktur gugus alkil.

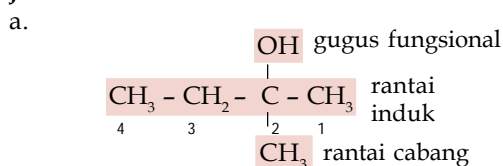


## Contoh 5.4

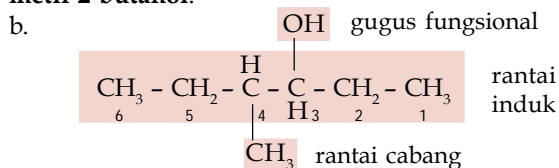
Tentukanlah nama senyawa alkohol berikut.

- a. 
$$\begin{array}{c} \text{OH} \\ | \\ \text{CH}_3 - \text{CH}_2 - \text{C} - \text{CH}_3 \\ | \\ \text{CH}_3 \end{array}$$
- b. 
$$\begin{array}{c} \text{OH} \\ | \\ \text{CH}_3 - \text{CH}_2 - \text{C} - \text{C} - \text{CH}_2 - \text{CH}_3 \\ | \quad | \\ \text{H} \quad \text{H} \\ | \\ \text{CH}_3 \end{array}$$
- c. 
$$\begin{array}{c} \text{OH} \\ | \\ \text{CH}_3 - \text{CH}_2 - \text{CH}_2 - \text{C} - \text{C} - \text{CH}_2 - \text{CH}_3 \\ | \quad | \\ \text{H} \quad \text{H} \\ | \\ \text{C}_2\text{H}_5 \end{array}$$
- d. 
$$\begin{array}{c} \text{C}_2\text{H}_5 \quad \text{OH} \\ | \quad | \\ \text{CH}_3 - \text{C} - \text{C} - \text{C} - \text{CH}_3 \\ | \quad | \quad | \\ \text{H} \quad \text{H} \quad \text{CH}_3 \\ | \\ \text{CH}_3 \end{array}$$

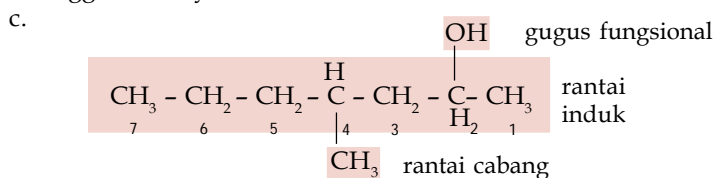
Jawab



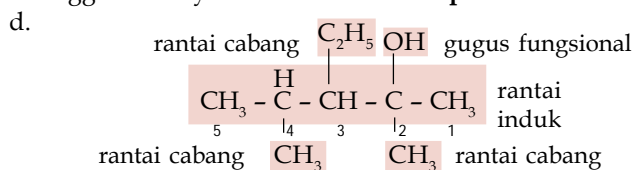
Senyawa alkohol ini memiliki rantai lurus yang terdiri atas 4 atom C, gugus -OH, dan gugus metilnya berada pada atom C nomor 2 sehingga namanya adalah **2-metil-2-butanol**.



Senyawa alkohol ini memiliki rantai lurus yang terdiri atas 6 atom C, gugus -OH berada pada atom C nomor 3, sedangkan gugus metilnya berada pada atom C nomor 4 sehingga namanya adalah **4-metil-3-heksanol**.



Senyawa alkohol ini memiliki rantai lurus yang terdiri atas 7 atom C, gugus -OH berada pada atom C nomor 2, sedangkan gugus metilnya berada pada atom C nomor 4 sehingga namanya adalah **4-metil-2-heptanol**.



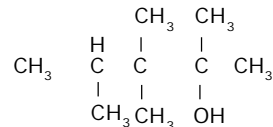
Senyawa alkohol ini memiliki rantai lurus yang terdiri atas 5 atom C dan gugus -OH berada pada atom C nomor 2. Rantai cabangnya berjumlah 3 buah,

## Kupas Tuntas

$\text{CH}_3 \text{ CH}(\text{CH}_3) \text{ C}(\text{CH}_3)_2$   
 $\text{C}(\text{OH})(\text{CH}_3) (\text{CH}_3)$  memiliki nama ....

- A. 2,3,3,4-tetrametil-pentanol  
 B. 2,3,3,4-tetrametil-4-pentanol  
 C. 2,3,3,4-tetrametil-2-pentanol  
 D. 2,4-dimetil-2-heksanol  
 E. 3,3-dimetil-2-heptanol

Pembahasan



2,3,3,4-tetrametil-2-pentanol  
 Jadi, nama  $\text{CH}_3 \text{ CH}(\text{CH}_3) \text{ C}(\text{CH}_3)_2 \text{ C}(\text{OH})(\text{CH}_3) (\text{CH}_3)$  adalah (C) 2,3,3,4-tetrametil-2-pentanol.

UN 2003



yaitu 2 gugus metil yang berada pada atom C nomor 2 dan 4 serta gugus etil yang berada pada atom C nomor 3 sehingga namanya adalah **3-etil-2,4-dimetil-2-pentanol**.

Tata nama alkohol yang telah diuraikan merupakan nama IUPAC. Selain nama IUPAC, alkohol juga memiliki nama *trivial* (nama lazim). Berikut cara memberi nama *trivial* untuk alkohol.

#### Aturan Penamaan Trivial Senyawa Alkohol

1. Tentukanlah rantai induk (rantai terpanjang yang memiliki gugus -OH) dan rantai cabangnya.
2. Beri nomor pada rantai induk sedemikian rupa sehingga gugus -OH menempel pada atom C yang paling kecil.
3. Tuliskan nama alkil rantai induk diikuti kata alkohol.

### Kupas Tuntas

Senyawa yang termasuk alkohol tersier adalah ....

- A. 2-metil-1-propanol
- B. 2-metil-2-propanol
- C. isobutil alkohol
- D. 3-metil-2-butanol
- E. isopentil alkohol

Pembahasan

Pada alkohol tersier, alkil dan OH terikat pada C yang nomornya sama.

Jadi, senyawa yang termasuk alkohol tersier adalah (B) 2-metil-2-propanol.

UMPTN 1995

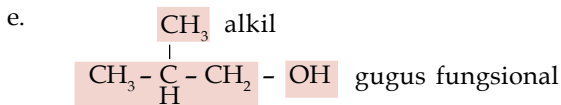
### Contoh 5.5

Tentukanlah nama trivial senyawa alkohol berikut.

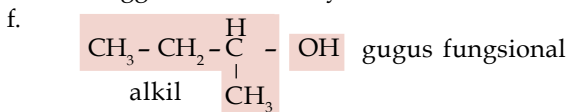
- a.  $\text{CH}_3 - \text{OH}$
- b.  $\text{CH}_3 - \text{CH}_2 - \text{OH}$
- c.  $\text{CH}_3 - \text{CH}_2 - \text{CH}_2 - \text{OH}$
- d. 
$$\begin{array}{c} \text{OH} \\ | \\ \text{CH}_3 - \text{CH} \\ | \\ \text{CH}_3 \end{array}$$
- e. 
$$\begin{array}{c} \text{CH}_3 \\ | \\ \text{CH}_3 - \text{CH} - \text{CH}_2 - \text{OH} \end{array}$$
- f. 
$$\begin{array}{c} \text{H} \\ | \\ \text{CH}_3 - \text{CH}_2 - \text{C} - \text{OH} \\ | \\ \text{CH}_3 \end{array}$$

#### Jawab

- a. alkil  $\text{CH}_3 -$  OH gugus fungsional  
Senyawa alkohol ini memiliki rantai alkil yang terdiri atas 1 atom C (metil) sehingga nama trivialnya adalah **metil alkohol**.
- b. alkil  $\text{CH}_3 - \text{CH}_2 -$  OH gugus fungsional  
Senyawa alkohol ini memiliki rantai alkil yang terdiri atas 2 atom C (etil) sehingga nama trivialnya adalah **etil alkohol**.
- c. alkil  $\text{CH}_3 - \text{CH}_2 - \text{CH}_2 -$  OH gugus fungsional  
Senyawa alkohol ini memiliki rantai alkil lurus yang terdiri atas 3 atom C (propil) sehingga nama trivialnya adalah **propil alkohol**.
- d. OH gugus fungsional  
$$\begin{array}{c} \text{CH}_3 - \text{CH} \\ | \\ \text{CH}_3 \end{array}$$
 alkil  
Senyawa alkohol ini memiliki rantai alkil bercabang dengan nama isopropil sehingga nama trivialnya adalah **isopropil alkohol**.



Senyawa alkohol ini memiliki rantai alkil bercabang dengan nama isobutil sehingga nama trivialnya adalah **isobutil alkohol**.



Senyawa alkohol ini memiliki rantai alkil bercabang dengan nama sek-butil sehingga nama trivialnya adalah **sek-butil alkohol**.

Senyawa alkohol dapat juga dikelompokkan menjadi alkohol primer, alkohol sekunder, dan alkohol tersier. Apakah perbedaan ketiga jenis alkohol tersebut?

Alkohol primer, alkohol sekunder, dan alkohol tersier dibedakan berdasarkan jumlah atom C yang terikat pada atom C yang mengikat gugus -OH. Alkohol primer mengikat 1 atom C, alkohol sekunder mengikat 2 atom C, sedangkan alkohol tersier mengikat 3 atom C. Perhatikanlah struktur molekul alkohol berikut.

Alkohol primer	$\text{CH}_3 - \text{CH}_2 - \text{CH}_2 - \text{OH}$
Alkohol sekunder	$\begin{array}{c} \text{H} \\   \\ \text{CH}_3 - \text{CH}_2 - \text{C} - \text{CH}_3 \\   \\ \text{OH} \end{array}$
Alkohol tersier	$\begin{array}{c} \text{CH}_3 \\   \\ \text{CH}_3 - \text{CH}_2 - \text{C} - \text{CH}_3 \\   \\ \text{OH} \end{array}$

## Kupas Tuntas

Senyawa yang bukan alkohol sekunder adalah ....

- 2-pentanol
- 3-pentanol
- 2-metil-3-pentanol
- 3-metil-2-pentanol
- 3-metil-3-pentanol

Pembahasan

Menentukan jenis alkohol:

Alkohol primer: -nol terikat pada C nomor 1.

Alkohol tersier: -il dan -nol terikat pada C yang sama.

3-metil-3-pentanol merupakan alkohol tersier.

Jadi, senyawa yang bukan alkohol sekunder adalah (E) 3-metil-3-pentanol.

UMPTN 2000

## Selidikilah 5.3

### Tata Nama Eter

#### Tujuan

Menyelidiki struktur dan aturan tata nama eter

#### Alat dan Bahan

Data struktur dan rumus kimia senyawa

#### Langkah Kerja

Amatilah tabel berikut.

	Struktur	Rumus Kimia	Nama
Alkana	$\text{CH}_3 - \text{CH}_3$	$\text{C}_2\text{H}_6$	Etana
	$\text{CH}_3 - \text{CH}_2 - \text{CH}_3$	$\text{C}_3\text{H}_8$	Propana
Eter	$\text{CH}_3 - \text{O} - \text{CH}_3$	$\text{C}_2\text{H}_6\text{O}$	Metoksi metana
	$\text{CH}_3 - \text{O} - \text{CH}_2 - \text{CH}_3$	$\text{C}_3\text{H}_8\text{O}$	Metoksi etana

Jawablah pertanyaan berikut untuk menarik kesimpulan.

- Adakah hubungan antara nama senyawa, jenis gugus fungsi, dan jumlah atom C?
- Bagaimanakah cara memberi nama senyawa eter?
- Apakah rumus umum dari eter?

Diskusikan hasil yang Anda peroleh dengan teman Anda.



Bandingkanlah kesimpulan yang Anda peroleh dengan penjelasan berikut.

Jika diperhatikan dengan saksama, perbedaan yang paling mencolok antara alkana dan eter adalah jenis gugus fungsinya. Senyawa eter memiliki gugus fungsi -OR (gugus alkoksi). Gugus fungsi alkoksi menggantikan satu atom karbon pada alkana. Rumus umum dari eter adalah  $C_nH_{2n+2}O$ . Berdasarkan rumus tersebut, kita dapat mengetahui rumus kimia suatu eter dengan cara menghitung jumlah atom C-nya.

Tabel berikut memperlihatkan rumus kimia beberapa senyawa eter.

### Anda Harus

#### Ingat

Senyawa eter memiliki gugus fungsi OR (gugus alkoksi) dengan rumus umum  $C_nH_{2n+2}O$ .

#### You Must Remember

Ether compound has OR functional group with  $C_nH_{2n+2}O$  as general formula.

**Tabel 5.3** Rumus Kimia Beberapa Senyawa Eter

jumlah Atom C	Rumus Kimia Eter
2	$C_2H_6O$
3	$C_3H_8O$
4	$C_4H_{10}O$
5	$C_5H_{12}O$
6	$C_6H_{14}O$
7	$C_7H_{16}O$
8	$C_8H_{18}O$
9	$C_9H_{20}O$

Dari rumus umum eter, dapatkah Anda menentukan struktur kimia dan tata namanya? Struktur kimia eter adalah R - O - R. R adalah gugus alkil. Adapun tata cara memberi nama eter secara IUPAC adalah sebagai berikut.

#### Aturan Penamaan Senyawa Eter

1. Periksa jenis gugus fungsinya. Jika memiliki gugus -OR, berarti senyawa tersebut merupakan senyawa eter.
2. Rantai alkil yang jumlah atom C-nya paling sedikit disebut gugus alkoksi, sedangkan yang jumlahnya paling banyak disebut rantai induk.
3. Gugus alkoksi diberi nama dengan cara mengganti akhiran -ana pada alkana menjadi akhiran -oksi, sedangkan rantai induk diberi nama seperti nama alkana berdasarkan jumlah atom C-nya.
4. Jika jumlah atom C lebih dari 4, beri nomor pada rantai induk sedemikian rupa sehingga gugus -OR menempel pada atom C yang paling kecil. Kemudian, tuliskan nomor, diikuti nama gugus alkoksi berdasarkan jumlah atom C-nya, dan diakhiri dengan nama rantai induk.

### Kata Kunci

- Alkoksi
- Eter

### Contoh 5.6

Tentukanlah nama senyawa eter berikut.

- a.  $CH_3 - CH_2 - O - CH_2 - CH_3$
- b.  $CH_3 - CH_2 - O - CH_2 - CH_2 - CH_3$
- c. 
$$\begin{array}{c} H \\ | \\ CH_3 - C - O - CH_2 - CH_3 \\ | \\ CH_3 \end{array}$$
- d. 
$$\begin{array}{c} H \\ | \\ CH_3 - C - CH_2 - O - CH_3 \\ | \\ CH_2 \\ | \\ CH_3 \end{array}$$

### Jawab

- a. rantai induk  $\text{CH}_3 - \text{CH}_2 - \text{O} - \text{CH}_2 - \text{CH}_3$  alkoksi

Gugus alkoksi:  $-\text{O} - \text{CH}_2 - \text{CH}_3$  (etoksi)

Rantai induk:  $\text{CH}_3 - \text{CH}_2$  (etana)

Jadi, nama senyawa tersebut adalah **1-etoksi etana**.

- b. alkoksi  $\text{CH}_3 - \text{CH}_2 - \text{O} - \text{CH}_2 - \text{CH}_2 - \text{CH}_3$  rantai induk

Gugus alkoksi:  $-\text{O} - \text{CH}_2 - \text{CH}_3$  (etoksi)

Rantai induk:  $\text{CH}_3 - \text{CH}_2 - \text{CH}_2$  (propana)

Jadi, nama senyawa tersebut adalah **1-etoksi propana**.

- c.  $\begin{array}{c} \text{H} \\ | \\ \text{CH}_3 - \text{C} - \text{O} - \text{CH}_2 - \text{CH}_3 \\ | \\ \text{H}_3\text{C} \end{array}$  alkoksi

Gugus alkoksi:  $-\text{O} - \text{CH}_2 - \text{CH}_3$  (etoksi)

Rantai induk:  $\text{CH}_3 - \text{CH} - \text{CH}_3$  (propana)

Jadi, nama senyawa tersebut adalah **2-etoksi propana**.

- d.  $\begin{array}{c} \text{H} \\ | \\ \text{CH}_3 - \text{C} - \text{CH}_2 - \text{O} - \text{CH}_3 \\ | \\ \text{CH}_2 \\ | \\ \text{CH}_3 \end{array}$  alkoksi

Gugus alkoksi:  $-\text{O} - \text{CH}_3$  (metoksi)

Rantai induk:  $\text{CH}_3 - \text{CH} - \text{CH}_2$  (2-metil-butana)

Jadi, nama senyawa tersebut adalah **1-metoksi-2-metil-butana**.

Selain nama IUPAC, eter juga memiliki nama trivial. Cara menentukan nama trivial eter cukup mudah. Tentukanlah nama alkil setiap rantai karbon. Tuliskan secara berurut dari nama **alkil** terkecil dan diikuti kata **eter**. Jika ada nama alkil yang sama, di depan nama alkil tersebut ditambahkan awalan di (2).

### Contoh 5.7

Tentukanlah nama trivial senyawa eter berikut.

- a.  $\text{CH}_3 - \text{CH}_2 - \text{O} - \text{CH}_2 - \text{CH}_3$   
b.  $\text{CH}_3 - \text{CH}_2 - \text{O} - \text{CH}_2 - \text{CH}_2 - \text{CH}_3$   
c.  $\begin{array}{c} \text{H} \\ | \\ \text{CH}_3 - \text{C} - \text{O} - \text{CH}_2 - \text{CH}_3 \\ | \\ \text{CH}_3 \end{array}$

### Jawab

- a. Senyawa eter ini memiliki dua rantai alkil yang jumlah atom C-nya sama, yakni 2 (etil). Jadi, nama trivialnya adalah **dietil eter**.  
b. Senyawa eter ini memiliki dua rantai alkil yang jumlah atom C-nya berbeda, yakni 2 (etil) dan 3 (propil). Jadi, nama trivialnya adalah **etil propil eter**.  
c. Senyawa eter ini memiliki dua rantai alkil yang jumlah atom C-nya berbeda, yakni 2 (etil) dan 3 (isopropil). Jadi, nama trivialnya adalah **etil isopropil eter**.

## Kupas Tuntas

Senyawa dengan rumus molekul  $\text{C}_5\text{H}_{12}\text{O}$  termasuk kelompok senyawa ....

- A. aldehyd  
B. ester  
C. eter  
D. alkanon  
E. asam karboksilat

Pembahasan

Rumus umum senyawa gugus fungsi

$\text{C}_n\text{H}_{2n+2}\text{O}$  : alkohol dan eter

$\text{C}_n\text{H}_{2n}\text{O}$  : aldehyd dan alkanon

$\text{C}_n\text{H}_{2n}\text{O}_2$  : asam karboksilat dan ester

Jadi, senyawa dengan rumus molekul  $\text{C}_5\text{H}_{12}\text{O}$  termasuk kelompok senyawa (C) eter.

UMPTN 1999



## 2. Tata Nama Aldehid Keton Asam Karboksilat dan Ester

Senyawa aldehid, keton, asam karboksilat, dan ester memiliki persamaan yaitu semuanya memiliki gugus karbonil. Masih ingatkah Anda yang dimaksud dengan gugus karbonil? Pada senyawa asam karboksilat dan ester,

atom karbon mengikat dua atom O dengan struktur  $\overset{\text{O}}{\parallel}{\text{C}} - \text{O}$  sehingga gugus ini disebut dengan nama karboksil. Agar Anda lebih memahami penamaan dari senyawa-senyawa tersebut, ikutilah kegiatan berikut.

### Selidikilah 5.4

#### Tata Nama Aldehid, Keton, Asam Karboksilat, dan Ester

##### Tujuan

Menyelidiki aturan tata nama aldehid, keton, asam karboksilat, dan eter

##### Alat dan Bahan

Data struktur dan rumus kimia senyawa

##### Langkah Kerja

1. Amatilah tabel berikut.

Senyawa	Struktur	Nama
Alkana	$\begin{array}{c} \text{H} \\   \\ \text{H} - \text{C} - \text{H} \\   \\ \text{H} \end{array}$	Metana
	$\begin{array}{cc} \text{H} & \text{H} \\   &   \\ \text{H} - \text{C} & - \text{C} - \text{H} \\   &   \\ \text{H} & \text{H} \end{array}$	Etana
	$\begin{array}{ccc} \text{H} & \text{H} & \text{H} \\   &   &   \\ \text{H} - \text{C} & - \text{C} - & \text{C} - \text{H} \\   &   &   \\ \text{H} & \text{H} & \text{H} \end{array}$	Propana
Aldehid	$\begin{array}{c} \text{O} \\    \\ \text{H} - \text{C} - \text{H} \end{array}$	Metanal
	$\begin{array}{c} \text{O} \\    \\ \text{CH}_3 - \text{CH} \end{array}$	Etanal
	$\begin{array}{c} \text{O} \\    \\ \text{CH}_3 - \text{CH}_2 - \text{CH} \end{array}$	Propanal
Asam Karboksilat	$\begin{array}{c} \text{O} \\    \\ \text{HC} - \text{OH} \end{array}$	Asam metanoat
	$\begin{array}{c} \text{O} \\    \\ \text{CH}_3 - \text{C} - \text{OH} \end{array}$	Asam etanoat
	$\begin{array}{c} \text{O} \\    \\ \text{CH}_3 - \text{CH}_2 - \text{C} - \text{OH} \end{array}$	Asam propanoat
Keton	$\begin{array}{c} \text{O} \\    \\ \text{CH}_3 - \text{C} - \text{CH}_3 \end{array}$	Propanon

### Anda Harus Ingat

Senyawa aldehid memiliki gugus fungsi COH.

#### **You Must Remember**

Aldehyde compound has CO functional group.

Ester	$\begin{array}{c} \text{O} \\    \\ \text{CH}_3 - \text{C} - \text{OCH}_3 \end{array}$	Metil metanoat
-------	----------------------------------------------------------------------------------------	----------------

Jawablah pertanyaan berikut untuk menarik kesimpulan.

1. Adakah hubungan antara nama senyawa alkana dengan nama senyawa aldehid, keton, asam karboksilat, dan ester?
2. Bagaimanakah cara memberi nama senyawa aldehid?
3. Bagaimanakah cara memberi nama senyawa keton?
4. Apakah rumus umum dari aldehid dan keton?

Diskusikan hasil yang Anda peroleh dengan teman Anda.

Bandingkanlah kesimpulan yang Anda peroleh dengan penjelasan berikut.

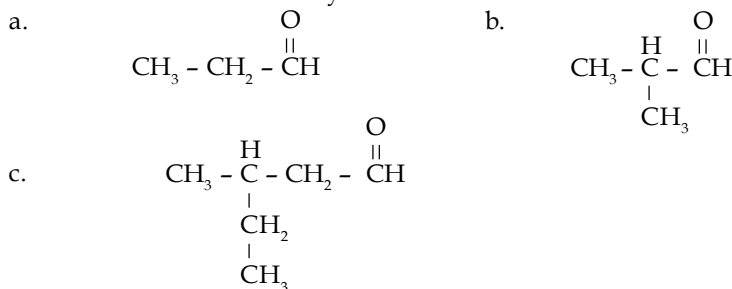
Seperti halnya alkohol dan eter, nama senyawa aldehid, keton, dan asam karboksilat berhubungan dengan nama senyawa alkana. Pada aldehid, akhiran **-a** pada alkana diganti menjadi akhiran **-al**. Itulah sebabnya senyawa aldehid disebut juga alkanal. Pada keton, akhiran **-a** pada alkana diganti menjadi akhiran **-on**. Itulah sebabnya senyawa keton disebut juga alkanon. Pada asam karboksilat, akhiran **-a** pada alkana diganti menjadi akhiran **-oat** dan diawali dengan kata asam. Itulah sebabnya senyawa asam karboksilat disebut juga asam alkanoat. Agar lebih jelas, berikut aturan penamaan senyawa aldehid.

#### Aturan Penamaan Senyawa Aldehid

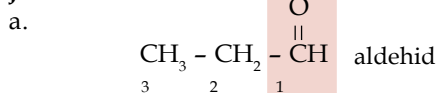
1. Periksa jenis gugus fungsinya. Jika memiliki gugus **-COH**, berarti senyawa tersebut merupakan senyawa aldehid.
2. Hitung jumlah atom C-nya, lalu tuliskan awalan berdasarkan jumlah atom C-nya dan diakhiri dengan akhiran **-al**.
3. Jika memiliki rantai bercabang, beri nomor pada rantai terpanjang dimulai dari atom C yang mengikat atom O. Lalu, tuliskan nomor percabangan, nama alkil rantai cabang, nama rantai induk berdasarkan jumlah atom C-nya dan diakhiri dengan akhiran **-al**.

#### Contoh 5.8

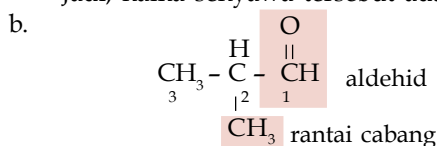
Tentukan nama IUPAC senyawa aldehid berikut.



Jawab



Jumlah atom C pada rantai lurus adalah 3 (propana)  
Jadi, nama senyawa tersebut adalah **propanal**.



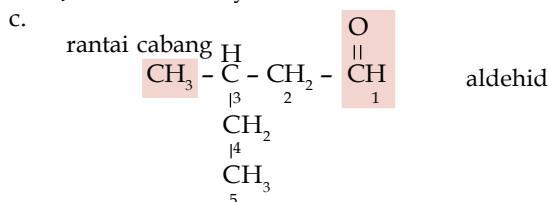
#### Fakta Kimia

##### Formalin

Formalin adalah nama umum untuk larutan 33% formaldehid, yaitu senyawa aldehid yang dikenal juga dengan nama metanal. Senyawa ini umum digunakan untuk mengawetkan tubuh organisme yang sudah mati. Apakah pendapat Anda mengenai penggunaan formalin pada bahan makanan?



Jumlah atom C pada rantai lurus adalah 3 (propana)  
 Jumlah percabangan: 1  
 Jumlah atom C pada rantai cabang: 1 (metil)  
 Nomor percabangan: 2  
 Jadi, nama senyawa tersebut adalah **2-metil-propanal**.



Jumlah atom C pada rantai lurus adalah 5 (pentana)  
 Jumlah percabangan: 1  
 Jumlah atom C pada rantai cabang: 1 (metil)  
 Nomor percabangan: 3  
 Jadi, nama senyawa tersebut adalah **3-metil-pentanal**.

### Anda Harus

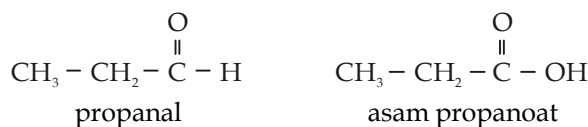
#### Ingat

Senyawa asam karboksilat memiliki gugus fungsi COOH.

#### You Must Remember

Carboxylic acid compound has COO as functional group.

Masih ingatkah Anda dengan struktur aldehyd dan asam karboksilat? Dapatkah Anda melihat persamaan dan perbandingan kedua struktur senyawa karbon tersebut? Bandingkanlah struktur aldehyd dan asam karboksilat berikut.



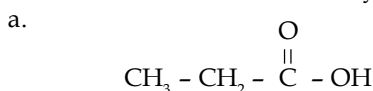
Dari struktur tersebut, Anda pasti melihat bahwa perbedaan kedua senyawa tersebut terletak pada gugus fungsionalnya. Aldehyd bergugus fungsional -CHO, sedangkan asam karboksilat bergugus fungsi -COOH. Oleh karena memiliki struktur yang mirip maka penamaan asam karboksilat mirip juga dengan penamaan aldehyd. Jika pada aldehyd, akhiran **-a** pada alkana diganti menjadi akhiran **-al**, pada asam karboksilat menjadi akhiran **-oat** dan diawali dengan kata **asam**.

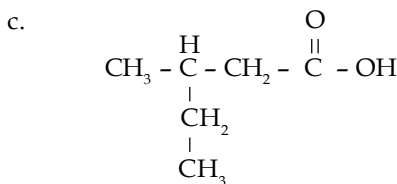
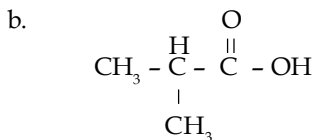
#### Aturan Penamaan Senyawa Asam Karboksilat

1. Periksa jenis gugus fungsinya. Jika memiliki gugus -COOH, berarti senyawa tersebut merupakan senyawa asam karboksilat.
2. Jika tidak memiliki rantai cabang, hitung jumlah atom C-nya, lalu tuliskan kata asam, diikuti nama rantai induk berdasarkan jumlah atom C-nya, dan diakhiri dengan akhiran **-oat**.
3. Jika memiliki rantai bercabang, beri nomor pada rantai terpanjang dimulai dari atom C yang mengikat atom O. Lalu, tuliskan nomor percabangan, nama alkil rantai cabang, nama rantai induk berdasarkan jumlah atom C-nya dan diakhiri dengan akhiran **-oat**.

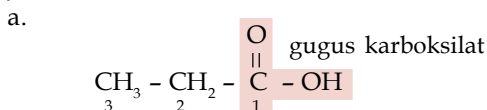
### Contoh 5.9

Tentukanlah nama IUPAC senyawa aldehyd berikut.

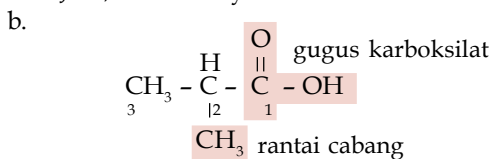




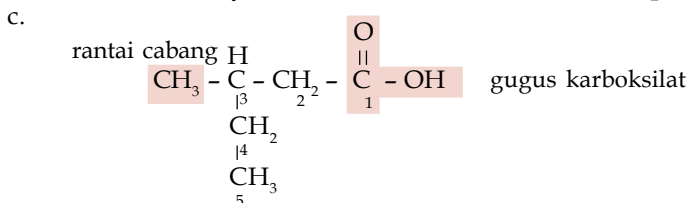
**Jawab**



Jumlah atom C pada rantai lurus adalah 3 (propana)  
Jadi, nama senyawa tersebut adalah **asam propanoat**.



Jumlah atom C pada rantai lurus adalah 3 (propana)  
Jumlah percabangan: 1  
Jumlah atom C pada rantai cabang: 1 (metil)  
Nomor percabangan: 2  
Jadi, nama senyawa tersebut adalah **asam 2-metil-propanoat**.



Jumlah atom C pada rantai lurus adalah 5 (pentana)  
Jumlah percabangan: 1  
Jumlah atom C pada rantai cabang: 1 (metil)  
Nomor percabangan: 3  
Jadi, nama senyawa tersebut adalah **asam 3-metil-pentanoat**.

## Kata Kunci

- Aldehid
- Asam karboksilat

Seperti senyawa karbon lainnya, asam karboksilat dan aldehid memiliki nama trivial. Nama trivial kedua senyawa ini diambil dari sumber alami asam karboksilat. Perhatikan tabel berikut.

**Tabel 5.4** Nama IUPAC dan Trivial Beberapa Senyawa Asam Karboksilat

Rumus Kimia	Nama UPAC	Nama Trivial	Asal Kata
HCOOH	Asam metanoat	Asam format	Latin: <i>formica</i> (semut)
CH <sub>3</sub> COOH	Asam etanoat	Asam asetat	Latin: <i>asetum</i> (cuka)
CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> COOH	Asam propanoat	Asam propionat	Yunani: <i>protopion</i> (lemak pertama)
CH <sub>3</sub> (CH <sub>2</sub> ) <sub>2</sub> COOH	Asam butanoat	Asam butirrat	Latin: <i>butyrum</i> (mentega)



$\text{CH}_3(\text{CH}_2)_3\text{COOH}$	Asam pentanoat	Asam valerat	Latin: <i>valere</i> (tanaman valere)
$\text{CH}_3(\text{CH}_2)_{10}\text{COOH}$	Asam dodekanoat	Asam laurat	Latin: <i>laurel</i> (sejenis kacang)
$\text{CH}_3(\text{CH}_2)_{14}\text{COOH}$	Asam heksadekanoat	Asam palmitat	Minyak palma
$\text{CH}_3(\text{CH}_2)_{16}\text{COOH}$	Asam oktadekanoat	Asam stearat	Yunani: <i>stear</i> (lemak)

Tabel tersebut menjelaskan nama trivial asam karboksilat, bagaimana dengan nama trivial aldehyd? Hilangkanlah kata asam, lalu ganti akhiran **-at** pada nama asam karboksilat dengan akhiran **-aldehid**. Perhatikan tabel berikut.

**Tabel 5.5** Nama IUPAC dan Trivial Beberapa Senyawa Aldehyd

umlah Atom C	Asam Karboksilat	Aldehyd
1	Asam format	Formaldehid
2	Asam asetat	Asetaldehid
3	Asam propionat	Propionaldehid
4	Asam butirat	Butiraldehid
5	Asam valerat	Valeraldehid

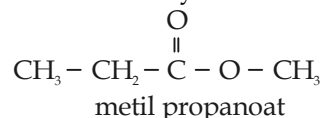
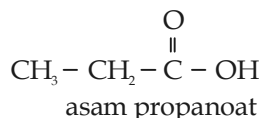
### Anda Harus Ingat

Senyawa ester memiliki gugus fungsi  $\text{COOR}$ . Penamaannya mirip dengan asam karboksilat, kata asam pada asam karboksilat diganti dengan nama alkil.

#### You Must Remember

Ester compound has  $\text{COOR}$  functional groups which its name is identic with carboxylic acid. Acid letter is replaced by alkil in the name of carboxylic acid.

Pernahkah Anda mencium aroma dari minyak wangi? Mengapa minyak wangi dapat memberikan aroma, seperti jeruk, pisang, atau apel? Aroma tersebut berasal dari senyawa kimia yang terkandung dalam minyak wangi. Senyawa kimia itu adalah ester. Tahukah Anda, bagaimana cara memberi nama ester? Tata nama ester didasarkan pada strukturnya yang mirip dengan struktur asam karboksilat. Perhatikan struktur senyawa berikut.



Dari struktur tersebut, Anda pasti melihat bahwa perbedaan kedua senyawa tersebut terletak pada gugus fungsionalnya. Asam karboksilat bergugus fungsi  $-\text{COOH}$ , sedangkan ester bergugus fungsi  $-\text{COOR}$ . Jadi, atom H pada asam karboksilat digantikan oleh gugus alkil. Karena memiliki struktur yang mirip maka penamaan ester, baik IUPAC maupun trivial mirip juga dengan penamaan asam karboksilat. Kata **asam** pada asam karboksilat diganti dengan nama **alkil**.

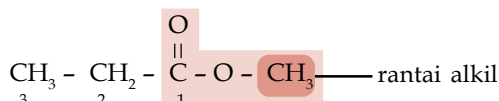
### Contoh 5.10

Tentukan nama trivial senyawa ester berikut.

- $\text{CH}_3 - \text{CH}_2 - \text{COOCH}_3$
- $\text{CH}_3 - \text{CH}_2 - \text{CH}_2 - \text{COOCH}_3$
- $\text{CH}_3 - \text{CH}_2 - \text{CH}_2 - \text{COOCH}_2\text{CH}_3$

**Jawab**

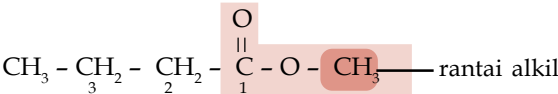
a.



Jumlah atom C pada rantai lurus adalah 3 (propana)  
Jumlah atom C pada rantai alkil adalah 1 (metil)

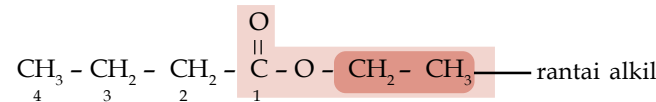
Nama IUPAC: metil propanoat  
Nama trivial: **metil propionat**

b.



Jumlah atom C pada rantai lurus adalah 4 (butana/butirat)  
Jumlah atom C pada rantai alkil adalah 1 (metil)  
Nama IUPAC: metil butanoat  
Nama trivial: **metil butirat**

c.



Jumlah atom C pada rantai lurus adalah 4 (butana/butirat)  
Jumlah atom C pada rantai alkil adalah 2 (etil)  
Nama IUPAC: etil butanoat  
Nama trivial: **etil butirat**

Senyawa karbon lainnya yang mengandung gugus karbonil adalah keton. Penamaan keton mirip dengan penamaan alkohol. Caranya dengan menggantikan akhiran **-ol** pada alkohol dengan akhiran **-on**. Perhatikan tabel berikut.

Tabel 5.6 Penamaan IUPAC Senyawa Keton

umlah Atom C	Struktur	Nama
Alkohol	$\begin{array}{c} \text{CH}_3 - \text{C} - \text{CH}_3 \\   \\ \text{OH} \end{array}$	2-propanol
	$\begin{array}{c} \text{CH}_3 - \text{CH}_2 - \text{C} - \text{CH}_2 - \text{CH}_3 \\   \\ \text{OH} \end{array}$	3-pentanol
	$\begin{array}{c} \text{CH}_3 - \text{CH}_2 - \text{C} - \text{CH} - \text{CH}_3 \\   \quad   \\ \text{CH}_3 \text{ OH} \end{array}$	3-metil-2-pentanol
Keton	$\begin{array}{c} \text{CH}_3 - \text{C} - \text{CH}_3 \\    \\ \text{O} \end{array}$	2-propanon
	$\begin{array}{c} \text{CH}_3 - \text{CH}_2 - \text{C} - \text{CH}_2 - \text{CH}_3 \\    \\ \text{O} \end{array}$	3-pentanon
	$\begin{array}{c} \text{CH}_3 - \text{CH}_2 - \text{C} - \text{C} - \text{CH}_3 \\   \quad    \\ \text{CH}_3 \text{ O} \end{array}$	3-metil-2-pentanon

Kata Kunci

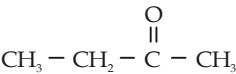
- Ester
- Keton

Agar Anda lebih memahami cara penamaan senyawa keton, pelajari contoh soal berikut.

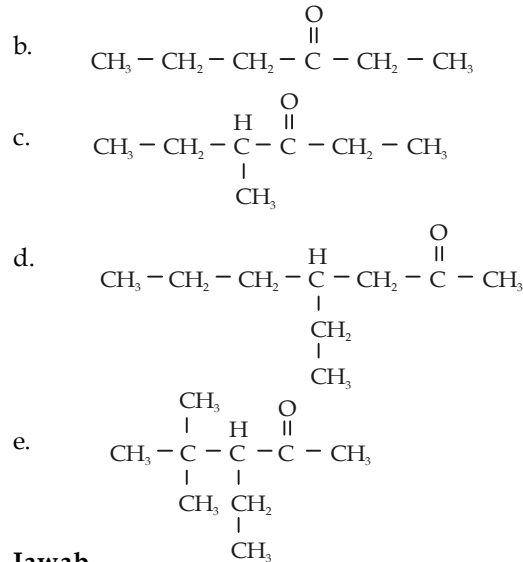
Contoh 5.11

Tentukanlah nama senyawa keton berikut.

a.





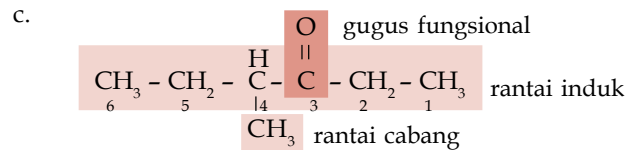


#### Jawab

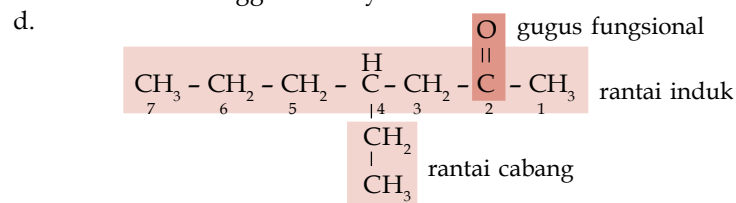
- a. Dari struktur kimianya, dapat diketahui bahwa senyawa keton ini memiliki 4 atom C dan gugus  $-\text{CO}-$ nya berada pada atom C nomor 2 sehingga namanya adalah **2-butanon**.
- b. Dari struktur kimianya, dapat diketahui bahwa senyawa keton ini memiliki 6 atom C dan gugus  $-\text{CO}-$ nya berada pada atom C nomor 3 sehingga namanya adalah **3-heksanon**.

### Tantangan Kimia

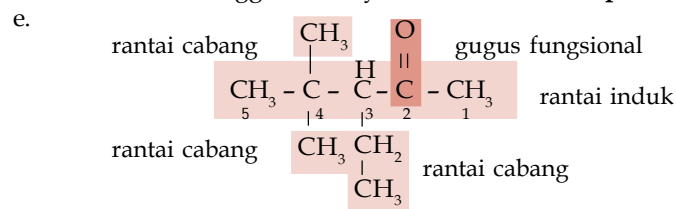
Apakah menurut Anda penulisan nama senyawa 2-metil-2-pentanon benar? Diskusikanlah bersama teman Anda.



Senyawa keton ini memiliki rantai lurus yang terdiri atas 6 atom C, gugus  $-\text{CO}-$  berada pada atom C nomor 3, sedangkan gugus metilnya berada pada atom C nomor 4 sehingga namanya adalah **4-metil-3-heksanon**.



Senyawa keton ini memiliki rantai lurus yang terdiri atas 7 atom C, gugus  $-\text{CO}-$  berada pada atom C nomor 2, sedangkan gugus metilnya berada pada atom C nomor 4 sehingga namanya adalah **4-etil-2-heptanon**.



Senyawa keton ini memiliki rantai lurus yang terdiri atas 5 atom C dan gugus  $-\text{CO}-$  berada pada atom C nomor 2. Rantai cabangnya berjumlah 3 buah, yaitu 2 gugus metil yang berada pada atom C nomor 2 dan 4 serta gugus etil yang berada pada atom C nomor 3 sehingga namanya adalah **3-etil-4,4-dimetil-2-pentanon**.

Tata nama keton yang telah diuraikan merupakan nama IUPAC. Selain nama IUPAC, keton juga memiliki nama trivial (nama lazim). Nama trivial keton mirip dengan nama trivial eter. Kata **eter** pada senyawa eter digantikan dengan kata **keton**. Perhatikan tabel berikut.

Tabel 5.7 Penamaan Trivial Senyawa Keton		
Senyawa	Struktur	Nama
eter	$\text{CH}_3 - \text{O} - \text{CH}_3$	dimetil eter
	$\text{CH}_3 - \text{O} - \text{CH}_2 - \text{CH}_3$	metil etil eter
	$\text{CH}_3 - \text{O} - \text{CH}_2 - \text{CH}_2 - \text{CH}_3$	metil propil eter
Keton	$\begin{array}{c} \text{O} \\ \parallel \\ \text{CH}_3 - \text{C} - \text{CH}_3 \end{array}$	dimetil keton
	$\begin{array}{c} \text{O} \\ \parallel \\ \text{CH}_3 - \text{C} - \text{CH}_2 - \text{CH}_3 \end{array}$	metil etil keton
	$\begin{array}{c} \text{O} \\ \parallel \\ \text{CH}_3 - \text{C} - \text{CH}_2 - \text{CH}_2 - \text{CH}_3 \end{array}$	metil propil keton

### Contoh 5.12

Tentukan nama trivial senyawa keton berikut.

- $\text{CH}_3 - \text{CH}_2 - \overset{\text{O}}{\parallel} \text{C} - \text{CH}_2 - \text{CH}_3$
- $\text{CH}_3 - \text{CH}_2 - \overset{\text{O}}{\parallel} \text{C} - \text{CH}_2 - \text{CH}_2 - \text{CH}_3$
- $\begin{array}{c} \text{O} \\ \parallel \\ \text{CH}_3 - \overset{\text{H}}{\underset{\text{CH}_3}{\text{C}}} - \text{C} - \text{CH}_2 - \text{CH}_3 \end{array}$

#### Jawab

- Senyawa keton ini memiliki dua rantai alkil yang jumlah atom C-nya sama, yakni 2 (etil). Jadi, nama trivialnya adalah **dietil keton**.
- Senyawa keton ini memiliki dua rantai alkil yang jumlah atom C-nya berbeda, yakni 2 (etil) dan 3 (propil). Jadi, nama trivialnya adalah **etil propil keton**.
- Senyawa keton ini memiliki dua rantai alkil yang jumlah atom C-nya berbeda, yakni 2 (etil) dan 3 (isopropil). Jadi, nama trivialnya adalah **etil isopropil keton**.

## Buktikanlah oleh Anda

Titik didih suatu senyawa aldehid atau keton lebih rendah apabila dibandingkan senyawa alkohol padanannya. Buktikanlah oleh Anda melalui teori ikatan kimia. *Kerjakanlah secara berkelompok dan presentasikan hasil yang diperoleh di depan kelas.*

### Anda Harus Ingat

Nama trivial keton mirip dengan nama trivial eter. Kata eter pada senyawa eter digantikan dengan kata keton.

**You Must Remember**  
Trivial names for ketone is identic with ether trivial names. The letter of th is replaced with ton .



### 3. Tata Nama Haloalkana

Masih ingatkah Anda dengan senyawa haloalkana? Senyawa haloalkana adalah senyawa turunan alkana yang satu atom hidrogennya digantikan oleh atom unsur halogen. Lakukanlah kegiatan berikut untuk memahami cara penamaan haloalkana.

#### **Selidikilah 5.5**

##### Penamaan Haloalkana

###### Tujuan

Menyelidiki aturan penamaan haloalkana

###### Alat dan Bahan

Data struktur dan rumus kimia senyawa

###### Langkah Kerja

1. Amatilah tabel berikut.

jumlah Atom C	Alkana		Haloalkana	
	Struktur	Nama	Struktur	Nama
1	$\begin{array}{c} \text{H} \\   \\ \text{H}-\text{C}-\text{H} \\   \\ \text{H} \end{array}$	metana	$\begin{array}{c} \text{H} \\   \\ \text{H}-\text{C}-\text{Cl} \\   \\ \text{H} \end{array}$	klorometana
2	$\begin{array}{c} \text{H} \quad \text{H} \\   \quad   \\ \text{H}-\text{C}-\text{C}-\text{H} \\   \quad   \\ \text{H} \quad \text{H} \end{array}$	etana	$\begin{array}{c} \text{H} \quad \text{H} \\   \quad   \\ \text{H}-\text{C}-\text{C}-\text{Cl} \\   \quad   \\ \text{H} \quad \text{H} \end{array}$	kloroetana

#### **Anda Harus Ingat**

Haloalkana adalah senyawa alkana yang satu atau lebih atom H-nya digantikan oleh unsur halogen, seperti fluorin, klorin, bromin, dan iodin.

##### **You Must Remember**

Haloalkane is alkane compound that has one or more H-atoms which replace by halogen element: fluorine, chlorine, bromine, dan iodine.

###### Jawablah pertanyaan berikut untuk menarik kesimpulan.

1. Adakah hubungan antara struktur senyawa alkana dan struktur senyawa haloalkana?
2. Bagaimanakah cara memberi nama senyawa haloalkana?

*Diskusikan hasil yang Anda peroleh dengan teman Anda.*

Bandungkanlah kesimpulan yang Anda peroleh dengan penjelasan berikut. Pada struktur senyawa haloalkana, atom H pada senyawa alkana digantikan oleh atom halogen, seperti fluorin, klorin, bromin, dan iodin. Berikut ini aturan penamaan haloalkana.

##### Aturan Penamaan Senyawa Haloalkana

1. Periksa jenis ikatannya. Jika memiliki ikatan tunggal dan mengandung salah satu atom halogen, berarti senyawa tersebut merupakan senyawa haloalkana.
2. Tentukan rantai induk dan atom halogennya.
3. Beri nomor pada rantai induk sedemikian rupa sehingga atom halogen terikat pada atom C yang paling kecil.
4. Rantai induk diberi nama sesuai aturan penamaan senyawa alkana rantai lurus.
5. Atom halogen diberi nama sesuai dengan jenis atomnya.
6. Tuliskan nomor cabang, diikuti tanda (-), nama atom halogen yang menyambung dengan nama rantai lurus.

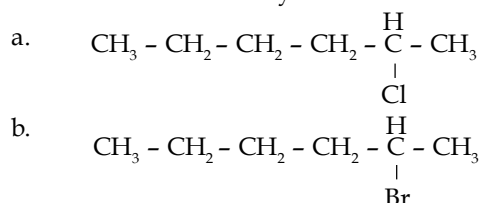


Atom Halogen	Nama Atom	Penamaan dalam Haloalkana
F	Fluorin	Fluoro
Cl	Klorin	Kloro
Br	Bromin	Bromo
I	Iodin	Iodo

Agar lebih paham, pelajailah contoh soal berikut.

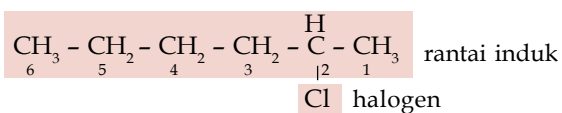
### Contoh 5.13

Tentukanlah nama senyawa haloalkana berikut.



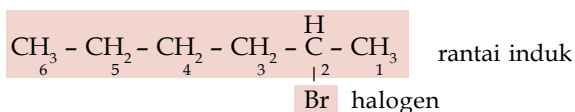
Jawab

- a. Jumlah atom C pada rantai induk: 6 (heksana)  
 Atom halogen: Cl (kloro)  
 Penomoran rantai:



Jadi, nama senyawa ini adalah **2-kloroheksana**.

- b. Jumlah atom C pada rantai induk: 6 (heksana)  
 Atom halogen: Br (bromo)  
 Penomoran rantai:



Jadi, nama senyawa ini adalah **3-bromoheksana**.

## Kupas Tuntas

Kegunaan dari senyawa haloalkana  $\text{F}_3\text{C}-\text{CHBrCl}$  adalah untuk ....

- pembasmi kuman
- pembunuh serangga
- pendingin
- pemutih
- pembius

Pembahasan

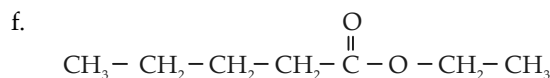
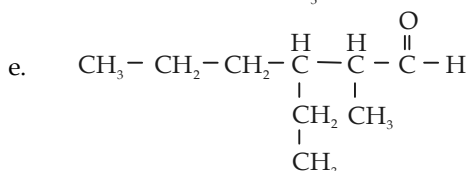
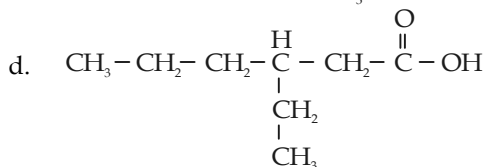
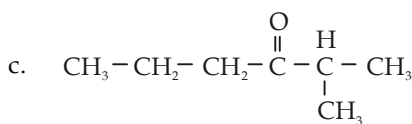
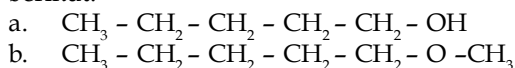
$\text{F}_3\text{C}-\text{CHBrCl}$  adalah sebagai pembius, digunakan sebagai anestesi di rumah sakit. Jadi, kegunaan  $\text{F}_3\text{C}-\text{CHBrCl}$  adalah untuk (E) pembius.

UN 2003

## Soal Penguasaan Materi 5.2

Kerjakanlah di dalam buku latihan Anda.

1. Tentukanlah nama IUPAC senyawa-senyawa berikut.



2. Tentukanlah nama trivial senyawa-senyawa berikut.

- etoksi butana
- 3-heksanon
- asam 2-metil-butanoat
- 2-metil-3-etil-pentanal
- etil pentanoat

3. Gambarkanlah struktur senyawa-senyawa berikut.

- 2,2-dimetil-butanol
- dietil eter
- 2-etil-3-metil-4-dekanon
- asam 3-metil-heptanoat
- 2-metil butiraldehid
- metil butirat
- 2-iodo-pentana



## C isomer Senyawa Karbon

Di Kelas X, Anda telah mempelajari mengenai isomer, yaitu istilah bagi kelompok senyawa yang memiliki rumus molekul sama tetapi berbeda strukturnya. Bagaimanakah dengan senyawa-senyawa karbon turunan alkana, apakah memiliki isomer juga? Mari, melacaknya dengan melakukan kegiatan berikut.

### Selidikilah 5.6

#### Keisomeran Senyawa Turunan Alkana

##### Tujuan

Menyelidiki keisomeran senyawa turunan alkana

##### Alat dan Bahan

Data senyawa kimia

##### Langkah Kerja

1. Lengkapilah tabel berikut.

Struktur	Nama	Rumus Kimia	Gugus Fungsi	Kelompok Senyawa
$\text{CH}_3 - \text{CH}_2 - \text{CH}_2 - \text{OH}$				
$\begin{array}{c} \text{H} \\   \\ \text{CH}_3 - \text{C} - \text{CH}_3 \\   \\ \text{OH} \end{array}$				
$\begin{array}{c} \text{H} \quad \text{H} \\   \quad   \\ \text{H} - \text{C} - \text{C} - \text{H} \\   \quad   \\ \text{H} \quad \text{H} \end{array}$				
	Propanal			
	Propanon			
$\begin{array}{c} \text{O} \\    \\ \text{CH}_3 - \text{CH}_2 - \text{C} - \text{OH} \end{array}$				
	Metil etanoat			

2. Kelompokkanlah senyawa-senyawa yang memiliki rumus kimia sama.

Jawablah pertanyaan berikut untuk menarik kesimpulan.

1. Senyawa mana saja yang rumus kimianya sama?
2. Apakah perbedaan antara senyawa-senyawa yang rumus kimianya sama?

Diskusikan hasil yang Anda peroleh dengan teman Anda.

Bandingkanlah kesimpulan yang Anda peroleh dengan penjelasan berikut.

Senyawa-senyawa yang rumus kimia dan gugus fungsinya sama, tetapi struktur molekulnya berbeda disebut **isomer posisi**. Misalnya, 1-propanol dan 2-propanol. Kedua senyawa ini memiliki rumus kimia  $\text{C}_3\text{H}_8\text{O}$  dan sama-

### Anda Harus Ingat

Senyawa-senyawa yang rumus kimia dan gugus fungsinya sama, tetapi struktur molekulnya berbeda disebut isomer posisi.

#### You Must Remember

Compounds which have the same chemical formula and functional groups, but different in molecular structure are called position isomer.



sama tergolong senyawa alkohol karena mengandung gugus -OH. Selain dalam alkohol, isomer juga dapat terjadi pada senyawa turunan alkana lainnya. Perhatikanlah beberapa contoh isomer berikut.

Etoksi etana	$\text{CH}_3 - \text{CH}_2 - \text{O} - \text{CH}_2 - \text{CH}_3$
Metoksi propana	$\text{CH}_3 - \text{O} - \text{CH}_2 - \text{CH}_2 - \text{CH}_3$
2-metoksi propana	$\begin{array}{c} \text{H} \\   \\ \text{CH}_3 - \text{C} - \text{O} - \text{CH}_3 \\   \\ \text{CH}_3 \end{array}$

Ketiga senyawa eter ini memiliki rumus kimia  $\text{C}_4\text{H}_{10}\text{O}$ .

Butanal	$\text{CH}_3 - \text{CH}_2 - \text{CH}_2 - \overset{\text{O}}{\underset{\parallel}{\text{C}}} - \text{H}$
2-metil propanal	$\begin{array}{c} \text{O} \\ \parallel \\ \text{CH}_3 - \text{C} - \text{CH} \\   \\ \text{CH}_3 \end{array}$

Kedua senyawa aldehid ini memiliki rumus kimia  $\text{C}_4\text{H}_8\text{O}$ .

2-pentanon	$\text{CH}_3 - \text{CH}_2 - \text{CH}_2 - \overset{\text{O}}{\underset{\parallel}{\text{C}}} - \text{CH}_3$
3-pentanon	$\text{CH}_3 - \text{CH}_2 - \overset{\text{O}}{\underset{\parallel}{\text{C}}} - \text{CH}_2 - \text{CH}_3$
3-metil-2-butanon	$\begin{array}{c} \text{O} \\ \parallel \\ \text{CH}_3 - \text{C} - \text{C} - \text{CH}_3 \\   \\ \text{CH}_3 \end{array}$

Ketiga senyawa keton ini memiliki rumus kimia  $\text{C}_5\text{H}_{10}\text{O}$ .

Asam butanoat	$\text{CH}_3 - \text{CH}_2 - \text{CH}_2 - \overset{\text{O}}{\underset{\parallel}{\text{C}}} - \text{OH}$
Asam 2-metil propanoat	$\begin{array}{c} \text{O} \\ \parallel \\ \text{CH}_3 - \text{C} - \text{C} - \text{OH} \\   \\ \text{CH}_3 \end{array}$

Kedua senyawa asam karboksilat ini memiliki rumus kimia  $\text{C}_4\text{H}_8\text{O}_2$ .

Metil propanoat	$\text{CH}_3 - \text{CH}_2 - \overset{\text{O}}{\underset{\parallel}{\text{C}}} - \text{O} - \text{CH}_3$
Etil etanoat	$\text{CH}_3 - \overset{\text{O}}{\underset{\parallel}{\text{C}}} - \text{O} - \text{CH}_2 - \text{CH}_3$

Kedua senyawa ester ini memiliki rumus kimia  $\text{C}_4\text{H}_8\text{O}_2$ .



## Anda Harus

### Ingat

Isomer gugus fungsi yaitu kelompok senyawa yang rumus kimianya sama, tetapi gugus fungsinya berbeda.

### You Must Remember

Functional group isomer is the group of compounds which have the same formula but different in functional groups.

## Kupas

### Tuntas

1-propanol merupakan isomer gugus fungsi dengan ....

- A. 2-propanol
- B. metil etil eter
- C. propanon
- D. propanal
- E. asam propionat

Pembahasan

Pasangan isomer gugus fungsi ada tiga:

- alkohol dengan eter
- alkanal dengan alkanon
- asam karboksilat dengan ester

Jadi, yang merupakan pasangan isomer gugus fungsi 1-propanol adalah (B) metil etil eter.

UMPTN 1995

1-kloropropana	$\begin{array}{c} \text{CH}_3 - \text{CH}_2 - \text{CH}_2 \\   \\ \text{Cl} \end{array}$
2-kloropropana	$\begin{array}{c} \text{H} \\   \\ \text{CH}_3 - \text{C} - \text{CH}_3 \\   \\ \text{Cl} \end{array}$

Kedua senyawa haloalkana ini memiliki rumus kimia  $\text{C}_3\text{H}_7\text{Cl}$ .

Jenis isomer lainnya adalah **isomer gugus fungsi**, yaitu kelompok senyawa yang rumus kimianya sama, tetapi gugus fungsinya berbeda. Kelompok senyawa yang berisomer gugus fungsi adalah alkohol dan eter, aldehid dan keton, serta asam karboksilat dan ester. Jika suatu senyawa alkohol dan eter memiliki jumlah atom karbon yang sama maka dipastikan senyawa-senyawa tersebut merupakan isomer. Demikian juga dengan aldehid, keton, asam karboksilat, dan ester. Agar Anda lebih memahami, pelajailah contoh-contoh berikut.

Etoksi etana	$\text{CH}_3 - \text{CH}_2 - \text{O} - \text{CH}_2 - \text{CH}_3$
Metoksi propana	$\text{CH}_3 - \text{O} - \text{CH}_2 - \text{CH}_2 - \text{CH}_3$
2-Metoksi propana	$\begin{array}{c} \text{H} \\   \\ \text{CH}_3 - \text{C} - \text{O} - \text{CH}_3 \\   \\ \text{CH}_3 \end{array}$
1-butanol	$\text{CH}_3 - \text{CH}_2 - \text{CH}_2 - \text{CH}_2 - \text{OH}$
2-metil-1-propanol	$\begin{array}{c} \text{H} \\   \\ \text{CH}_3 - \text{C} - \text{CH}_2 - \text{OH} \\   \\ \text{CH}_3 \end{array}$

Senyawa eter dan alkohol tersebut berisomer gugus fungsi karena sama-sama memiliki rumus kimia  $\text{C}_4\text{H}_{10}\text{O}$ .

Butanal	$\begin{array}{c} \text{O} \\    \\ \text{CH}_3 - \text{CH}_2 - \text{CH}_2 - \text{C} - \text{H} \end{array}$
2-metil propanal	$\begin{array}{c} \text{O} \\    \\ \text{H} \\   \\ \text{CH}_3 - \text{C} - \text{C} - \text{H} \\   \\ \text{CH}_3 \end{array}$
2-butanon	$\begin{array}{c} \text{O} \\    \\ \text{CH}_3 - \text{CH}_2 - \text{C} - \text{CH}_3 \end{array}$

Senyawa aldehid dan keton tersebut berisomer gugus fungsi karena sama-sama memiliki rumus kimia  $\text{C}_4\text{H}_8\text{O}$ .

Asam butanoat	$\begin{array}{c} \text{O} \\    \\ \text{CH}_3 - \text{CH}_2 - \text{CH}_2 - \text{C} - \text{OH} \end{array}$
Asam 2-metil Propanoat	$\begin{array}{c} \text{O} \\    \\ \text{H} \\   \\ \text{CH}_3 - \text{C} - \text{C} - \text{OH} \\   \\ \text{CH}_3 \end{array}$



Metil propanoat	$\text{CH}_3 - \text{CH}_2 - \overset{\text{O}}{\parallel} \text{C} - \text{O} - \text{CH}_3$
Etil etanoat	$\text{CH}_3 - \overset{\text{O}}{\parallel} \text{C} - \text{O} - \text{CH}_2 - \text{CH}_3$

Senyawa asam karboksilat dan ester ini berisomer gugus fungsi karena sama-sama memiliki rumus kimia  $\text{C}_4\text{H}_8\text{O}_2$ .

### Soal Penguasaan Materi 5.3

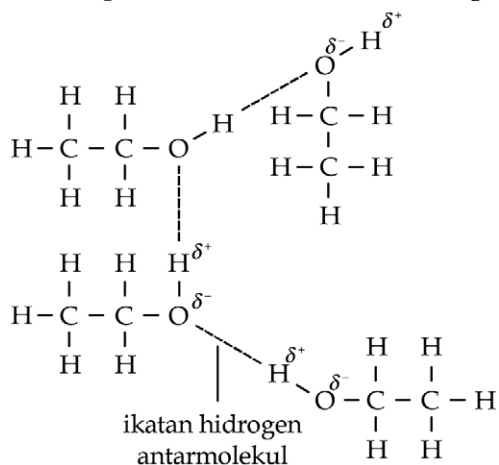
Kerjakanlah di dalam buku latihan Anda.

- Tentukanlah isomer-isomer posisi dari rumus kimia berikut.
  - $\text{C}_5\text{H}_{12}\text{O}$  (alkohol)
  - $\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}$  (aldehid)
  - $\text{C}_5\text{H}_{10}\text{O}_2$  (asam karboksilat)
- Tentukanlah senyawa yang rumus kimia dan gugus fungsinya sama dengan senyawa berikut.
  - 2-butanol
  - 2-metilbutanal
  - metil etanoat
- Tentukanlah senyawa yang rumus kimianya sama, tetapi gugus fungsinya berbeda dengan senyawa berikut.
  - 2-etoksi-propana
  - 2-butanon
  - asam pentanoat

## D Identifikasi Senyawa Karbon

### 1. Alkohol dan Eter

Pada umumnya alkohol memiliki titik didih yang tinggi. Hal ini disebabkan alkohol dapat membentuk ikatan hidrogen antarmolekul.



**Gambar 5.8**

Ikatan hidrogen antarmolekul yang terjadi pada molekul etanol

Dengan bertambahnya rantai karbon, titik didih alkohol menjadi semakin tinggi sehingga menyebabkan kelarutan dalam air menurun.

**Tabel 5.8** Titik Didih Beberapa Senyawa Alkohol (1 atm)

Alkohol	Titik Didih (°C)	Massa Jenis (g/cm <sup>3</sup> )	Kelarutan dalam Air (mol/100 g air) pada 20 °C
Metanol		0,79	tidak terhingga
Etanol		0,79	tidak terhingga
Propanol		0,80	tidak terhingga
Butanol		0,81	0,11
Pentanol		0,82	0,030
Heksanol		0,82	0,0058

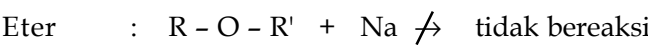
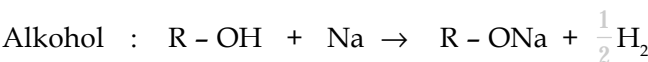
Sumber: Organic Chemistry, 1996

Senyawa eter memiliki titik didih lebih rendah jika dibandingkan dengan alkohol. Hal ini disebabkan karena molekul eter tidak dapat membentuk ikatan hidrogen.

Tabel 5.9 Titik Didih Beberapa Senyawa Eter (1 atm)	
Eter	Titik Didih (°C)
Dimetil eter	-24
Dietil eter	34,6
Dipropil eter	90,1

Sumber: Organic Chemistry, 1996

Alkohol dan eter dapat dibedakan melalui reaksi dengan logam Na.



## 2. Aldehid dan Keton

Aldehid tidak dapat membentuk ikatan hidrogen seperti halnya alkohol sehingga pada senyawa yang memiliki massa molekul yang sebanding, titik didih aldehid lebih rendah dibandingkan alkohol.

Tabel 5.10 Titik Didih Beberapa Senyawa Aldehid (1 atm)	
Aldehid	Titik Didih (°C)
Metanal	-21
Propanal	49,5
Butanal	75,7

Sumber: Organic Chemistry, 1996

Keton memiliki titik didih yang hampir sama dengan aldehid.

Tabel 5.11 Titik Didih Beberapa Senyawa Keton (1 atm)	
Keton	Titik Didih (°C)
Propanon (Aseton)	56,2
2-butanon	79,6
3-pentanon	102,4

Sumber: Organic Chemistry, 1996

Bagaimanakah cara membedakan aldehid dan keton? Untuk mengetahuinya lakukanlah kegiatan berikut.

### Selidikilah 5.7

#### Identifikasi Aldehid dan Keton

##### Tujuan

Mengidentifikasi aldehid dan keton dengan pereaksi Fehling dan Tollen’s

##### Alat dan Bahan

- |                  |                      |
|------------------|----------------------|
| 1. Penangas air  | 5. Formaldehid       |
| 2. Tabung reaksi | 6. Aseton            |
| 3. Gelas ukur    | 7. Pereaksi Fehling  |
| 4. Pipet tetes   | 8. Pereaksi Tollen’s |

Sebelum memulai percobaan carilah informasi mengenai senyawa yang akan digunakan, meliputi sifat kimia senyawa, cara penggunaan, dan penanganannya.

### Langkah Kerja

1. Masukkanlah 2 mL formaldehid ke dalam tabung reaksi pertama. Pada tabung reaksi yang berbeda tambahkan 2 mL aseton.
2. Tambahkan 3 tetes pereaksi Fehling ke dalam masing-masing tabung reaksi tersebut.
3. Panaskan tabung reaksi dengan menggunakan penangas air pada suhu 60 °C.
4. Lakukan langkah pada no. 1 dan 2 dengan mengganti pereaksi Fehling dengan pereaksi Tollen's.
5. Amati perubahan yang terjadi.

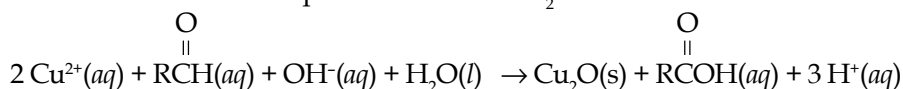
### Jawablah pertanyaan berikut untuk menarik kesimpulan.

1. Bagaimana hasil reaksi formaldehid dengan pereaksi Fehling dan pereaksi Tollen's?
2. Bagaimana hasil reaksi aseton dengan pereaksi Fehling dan pereaksi Tollen's?

Kerjakanlah secara berkelompok dan diskusikanlah hasil yang Anda peroleh.

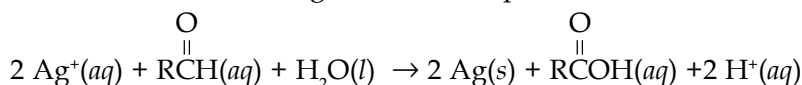
Bandingkanlah kesimpulan yang Anda peroleh dengan penjelasan berikut.

Pereaksi Fehling mengandung ion  $\text{Cu}^+$  dalam larutan basa. Ketika aldehid direaksikan dengan pereaksi Fehling dan dipanaskan, aldehid akan teroksidasi menjadi asam karboksilat, sedangkan pereaksi Fehling akan tereduksi membentuk endapan merah bata  $\text{Cu}_2\text{O}$ .



Ketika keton direaksikan dengan pereaksi Fehling dan dipanaskan tidak akan terjadi reaksi.

Pereaksi Tollen's diperoleh dengan cara melarutkan  $\text{AgNO}_3$  ke dalam larutan amonia yang menghasilkan senyawa kompleks  $[\text{Ag}(\text{NH}_3)_2]^+$ . Ketika pereaksi Tollen's dipanaskan dengan aldehid pada tabung reaksi, aldehid akan teroksidasi dan kompleks  $[\text{Ag}(\text{NH}_3)_2]^+$  tereduksi menjadi logam perak. Reaksi ini biasa disebut dengan tes cermin perak.



Keton tidak bereaksi dengan pereaksi Tollen's.

## 3. Asam Karboksilat dan Ester

Asam karboksilat memiliki ikatan hidrogen yang kuat sama seperti alkohol sehingga memiliki titik didih yang tinggi. Pada senyawa dengan massa molekul yang sebanding, titik didih asam karboksilat hampir sama dengan alkohol.

Tabel 5.12 Titik Didih Beberapa Senyawa Asam Karboksilat (1 atm)

Asam Karboksilat	Titik Didih (°C)
Asam metanoat	101
Asam etanoat	118
Asam butanoat	164

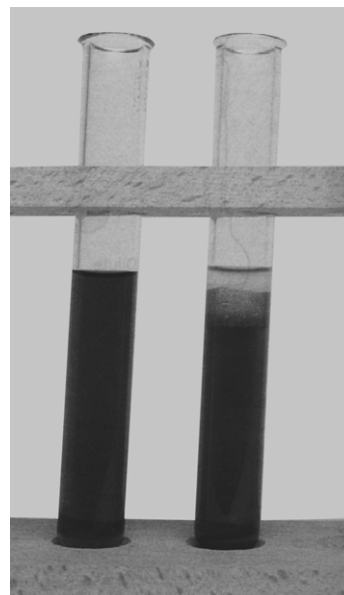
Sumber: Organic Chemistry, 1996

Jika dibandingkan dengan asam karboksilat, ester memiliki titik didih yang rendah.

Tabel 5.13 Titik Didih Beberapa Senyawa Ester (1 atm)

Ester	Titik Didih (°C)
Metil metanoat	31,5
Metil etanoat	57
Etil butanoat	120

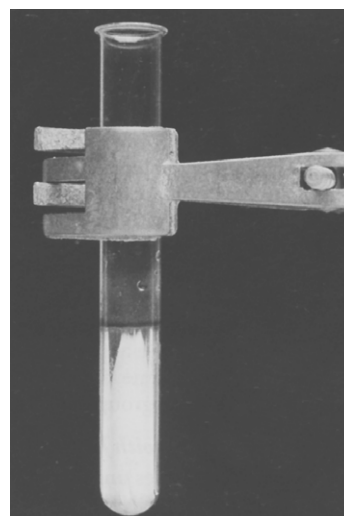
Sumber: Organic Chemistry, 1996



Sumber: Chemistry (Ann and Patrick Fullick), 2000

Gambar 5.9

Endapan merah bata  $\text{Cu}_2\text{O}$  terbentuk ketika aldehid diuji dengan pereaksi Fehling.



Sumber: Chemistry (Ann and Patrick Fullick), 2000

Gambar 5.10

Cermin perak terbentuk ketika aldehid diuji dengan pereaksi Tollen's.



Salah satu kegunaan ester adalah sebagai bahan pewangi. Bagaimanakah cara membuat ester? Lakukanlah kegiatan berikut.

## Selidikilah 5.8

### Esterifikasi

#### Tujuan

Pembuatan ester dari alkohol dan asam karboksilat

#### Alat dan Bahan

1. Pipet tetes
2. Gelas ukur
3. Tabung reaksi
4. Gelas kimia
5. Penangas air
6. Etanol
7. Asam asetat ( $\text{H}_3\text{COOH}$ )
8. Natrium bikarbonat ( $\text{NaHCO}_3$ )
9. Asam sulfat ( $\text{H}_2\text{SO}_4$ )

Sebelum memulai percobaan carilah informasi mengenai senyawa yang akan digunakan, meliputi sifat kimia senyawa, cara penggunaan, dan penanganannya.

#### Langkah Kerja

1. Tambahkan 2 mL etanol kepada 1 mL asam asetat pekat dalam tabung reaksi.
2. Tambahkan 3 tetes asam sulfat pekat.
3. Panaskan campuran di atas penangas air selama 5 menit.
4. Pindahkan campuran ke dalam gelas kimia yang telah berisi larutan natrium bikarbonat.

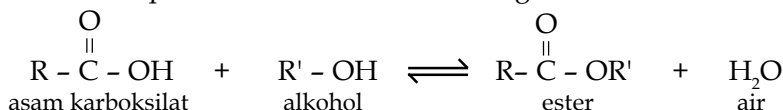
#### Jawablah pertanyaan berikut untuk menarik kesimpulan.

1. Bagaimana aroma dari hasil reaksi dibandingkan reaktan?
2. Senyawa apakah yang terbentuk pada reaksi tersebut?

Kerjakanlah secara berkelompok dan diskusikanlah hasil yang Anda peroleh.

Bandingkanlah kesimpulan yang Anda peroleh dengan penjelasan berikut.

Pada saat etanol ditambahkan kepada asam asetat maka akan terbentuk ester yang memiliki wangi yang khas. Hal ini dipercepat dengan adanya katalis asam sulfat pekat. Reaksi ini dikenal dengan nama esterifikasi.



## 4. Haloalkana

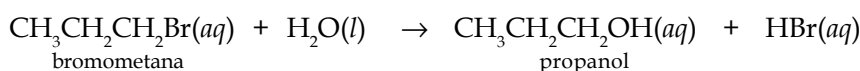
Haloalkana adalah senyawa turunan alkana yang satu atau lebih atom hidrogennya diganti oleh unsur halogen.

**Tabel 5.14** Titik Didih Beberapa Senyawa Haloalkana (1 atm)

Haloalkana	Titik Didih ( $^{\circ}\text{C}$ )	Wujud pada $25^{\circ}\text{C}$
Klorometana	-24	gas
Kloroetana	12	gas
Bromometana	3	gas
Bromoetana	38	cair
Iodometana	42	cair
Iodoetana	72	cair

Sumber: Organic Chemistry, 1996

Haloalkana dapat mengalami reaksi hidrolisis menghasilkan alkohol.



## Fakta Kimia

### Gasohol

Saat ini, Indonesia telah mengembangkan jenis bahan bakar otomotif baru yang merupakan campuran antara bensin dan etanol yang menghasilkan bahan bakar dengan kualitas tinggi. Gasohol BE-10 yang diluncurkan oleh BPPT merupakan campuran antara bensin (90%) dan bioetanol (10%). Bioetanol ini diperoleh dari tanaman berpati seperti singkong yang banyak dijumpai di seluruh wilayah Indonesia. Dari sumber nabati ini dapat diproses menjadi sumber energi alternatif yang ramah lingkungan.

Sumber: [www.bbpt.go.id](http://www.bbpt.go.id)

## Soal Penguasaan Materi 5.4

Kerjakanlah di dalam buku latihan Anda.

1. Jelaskanlah cara identifikasi aldehid dan keton.
2. Jika Anda ingin membuat senyawa ester etil propanoat, senyawa dan bahan apa saja yang Anda perlukan? Jelaskan pula prosedur pembuatannya.

## E Kegunaan Senyawa Karbon

Senyawa alkohol, eter, aldehid, keton, asam karboksilat, dan ester dapat ditemukan secara alami ataupun dengan cara sintesis di laboratorium. Senyawa-senyawa karbon ini memiliki beberapa kegunaan, berikut ini adalah kegunaan senyawa-senyawa karbon tersebut.

### 1. Kegunaan Alkohol

Metanol merupakan alkohol yang paling sederhana, memiliki titik didih  $64,7^{\circ}\text{C}$ . Metanol dikenal sebagai *wood alcohol*. Metanol digunakan untuk pembuatan metanal (formaldehid) dan bisa digunakan sebagai pelarut. Metanol bersifat racun, pada dosis yang rendah dapat menyebabkan kebutaan dan pada dosis yang tinggi dapat menyebabkan kematian.

Etanol digunakan pada minuman, seperti bir dan anggur. Etanol juga dicampur dengan bensin (*gasoline*) menghasilkan campuran yang dinamakan "gasohol" yang dapat digunakan sebagai bahan bakar. Etanol digunakan juga sebagai pelarut pada minyak wangi dan sebagai zat antiseptik.

Etilen glikol merupakan komponen penting untuk pendingin dan zat antibeku pada kendaraan. Etilen glikol digunakan juga pada pembuatan polimer.

Gliserol dapat diperoleh dari lemak, digunakan sebagai pelumas, kosmetik, dan bahan makanan. Ketika direaksikan dengan asam nitrat dapat menghasilkan nitrogliserin yang dapat digunakan sebagai bahan peledak.

### 2. Kegunaan Eter

Senyawa eter yang paling banyak dikenal adalah dietil eter. Dietil eter digunakan sebagai pelarut dan zat anestetik (obat bius). Namun, penggunaan dietil eter sebagai zat anestetik dapat menyebabkan gangguan pada pernapasan sehingga saat ini penggunaannya digantikan oleh zat lain yang tidak berbahaya.

### 3. Kegunaan Aldehid

Senyawa paling sederhana dari aldehid adalah formaldehid. Formaldehid digunakan sebagai desinfektan, antiseptik, dan digunakan pada pembuatan polimer, seperti bakelit. Formaldehid juga banyak digunakan sebagai pengawet untuk spesimen biologi.

### 4. Kegunaan Keton

Senyawa keton yang banyak digunakan adalah aseton yang biasanya digunakan sebagai pelarut pada zat dan penghapus cat kuku.

### 5. Kegunaan Asam Karboksilat

Asam asetat yang dikenal sebagai cuka digunakan sebagai pemberi rasa asam pada makanan. Senyawa asam karboksilat lainnya, seperti asam benzoat digunakan sebagai pengawet pada makanan dan minuman. Asam sitrat dan asam tartrat digunakan sebagai zat aditif pada makanan.



Sumber: Chemistry The Central Science, 2000

**Gambar 5.11**

Senyawa asam karboksilat sering digunakan sebagai zat aditif pada makanan.

## Tantangan Kimia

Aroma wangi sebagian besar berasal dari senyawa ester dan aldehid. Dapatkah Anda sebutkan senyawa penyusun aroma tersebut? Tuliskanlah struktur molekulnya. Kemudian, diskusikanlah bersama teman Anda.

## 6. Kegunaan Ester

Pada bidang industri, senyawa ester seperti etil etanoat dan butil butanoat digunakan sebagai pelarut untuk resin dan pernis. Senyawa ester juga digunakan sebagai pemberi aroma pada makanan dan minyak wangi, contohnya isoamil etanoat yang memberikan aroma pisang.

## 7. Kegunaan Haloalkana

Haloalkana digunakan sebagai pelarut, contohnya karbon tetraklorida ( $\text{CCl}_4$ ) dan kloroform ( $\text{CHCl}_3$ ). Senyawa haloalkana lainnya dapat digunakan sebagai insektisida, tetapi saat ini sudah tidak digunakan lagi karena memiliki efek negatif terhadap kesehatan.

## Soal Penguasaan Materi 5.5

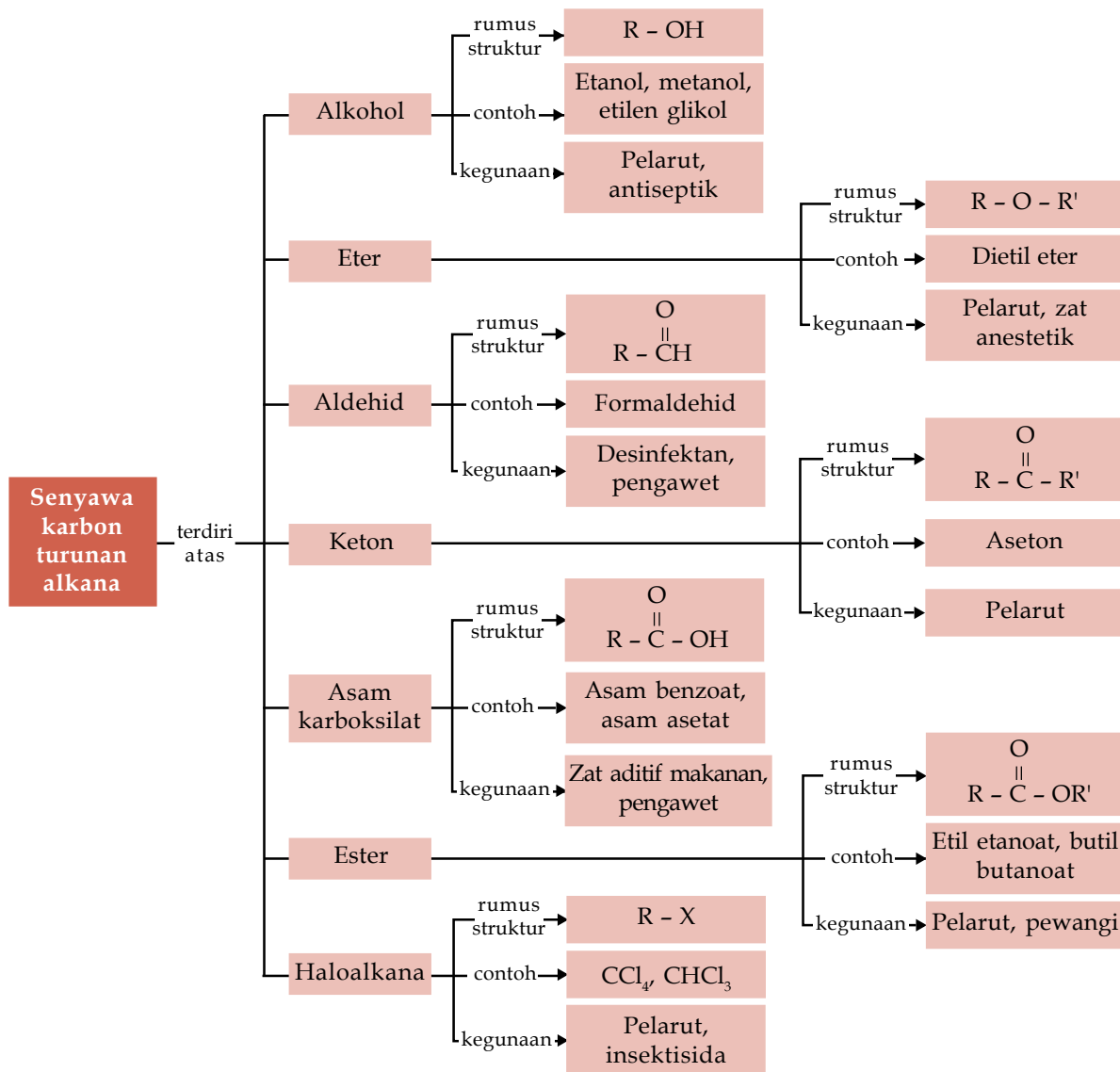
Kerjakanlah di dalam buku latihan Anda.

1. Tuliskanlah kegunaan beberapa senyawa alkohol?
2. Tuliskanlah kegunaan beberapa senyawa asam karboksilat?

## Rangkuman

1. Senyawa karbon turunan alkana terdiri atas alkohol, eter, aldehid, keton, asam karboksilat, ester, dan haloalkana.
2. Alkohol dan eter memiliki rumus umum  $\text{C}_n\text{H}_{2n+2}\text{O}$ . Gugus fungsi alkohol adalah  $-\text{OH}$  dan eter  $-\text{OR}$ . Senyawa alkohol biasanya digunakan sebagai pelarut dan zat antiseptik, sedangkan senyawa eter sering digunakan sebagai zat anestetik.
3. Aldehid dan keton memiliki rumus umum  
$$\text{C}_n\text{H}_{2n}\text{O}$$
  
Gugus fungsi aldehid adalah  $-\text{C}-\text{H}$   
$$\begin{array}{c} \text{O} \\ \parallel \\ -\text{C}-\text{H} \end{array}$$
  
dan keton adalah  $-\text{C}-\text{R}$ . Senyawa aldehid digunakan sebagai desinfektan dan pengawet, sedangkan keton digunakan sebagai pelarut.
4. Asam karboksilat dan ester memiliki rumus umum  $\text{C}_n\text{H}_{2n}\text{O}_2$ . Gugus fungsi asam karboksilat adalah  $-\text{COOH}$  dan ester  $-\text{COOR}$ . Senyawa asam karboksilat sering digunakan sebagai zat aditif dan pengawet, sedangkan ester digunakan sebagai pelarut dan pewangi.
5. Haloalkana memiliki rumus umum  $\text{C}_n\text{H}_{2n+1}\text{X}$  dengan X adalah unsur halogen (F, Cl, Br, I). Haloalkana dapat mengalami reaksi hidrolisis menghasilkan alkohol. Haloalkana sering digunakan sebagai pelarut dan insektisida.

# Peta Konsep



## Kaji Diri

Bagaimanakah pendapat Anda setelah mempelajari materi Senyawa Karbon Turunan Alkana ini? Menarik, bukan? Banyak hal yang menarik tentang materi Senyawa Karbon Turunan Alkana ini. Misalnya, Anda akan mengenal berbagai kegunaan dan komposisi senyawa karbon turunan alkana dalam berbagai produk rumah tangga dan berbagai bidang kehidupan.

Tujuan Anda mempelajari bab ini adalah agar Anda dapat mendeskripsikan struktur, cara penulisan, tata nama,

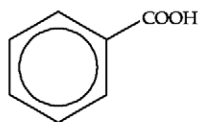
sifat, kegunaan dan identifikasi senyawa karbon (haloalkana, alkanol, alkoksi alkana, alkanal, alkanon, alkanoat, dan alkil alkanoat). Apakah Anda dapat mencapai tujuan belajar tersebut? Jika Anda mengalami kesulitan dalam mempelajari materi tertentu pada bab ini, bertanyalah kepada guru kimia Anda. Anda pun dapat berdiskusi dengan teman-teman untuk memecahkan permasalahan-permasalahan yang berkenaan dengan materi Senyawa Karbon Turunan Alkana ini. Belajarlah dengan baik. Pastikanlah Anda menguasai materi ini.



## Evaluasi Materi Bab 5

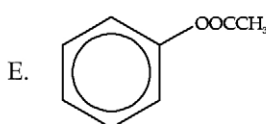
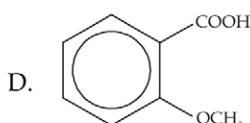
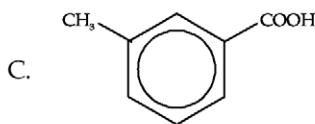
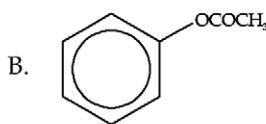
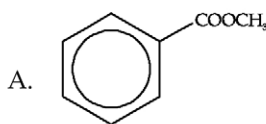
A. Pilihlah salah satu jawaban yang paling tepat dan kerjakanlah pada buku latihanmu.

- Struktur  $\text{CH}_3 - \text{CH}_2 - \text{OH}$  memiliki nama trivial ....
  - etana
  - propana
  - etanol
  - propanol
  - etil alkohol
- $\text{CH}_3 - \text{CH}_2 - \text{COOCH}_2 - \text{CH}_3$  merupakan senyawa yang memiliki gugus fungsi ....
  - alkohol
  - asam karboksilat
  - ester
  - eter
  - aldehid
- Struktur 2, 3-dimetil-5 etil-2 heksanol digambarkan lewat struktur ....
  - $\text{C}_2\text{H}_5 - \text{CH}_2 - \text{CH}_2 - \text{CH}_2 - \text{CH}(\text{CH}_3) - \text{CH}_2 - \text{C}(\text{CH}_3)(\text{OH}) - \text{CH}_3$
  - $\text{CH}_3 - \text{CH}(\text{C}_2\text{H}_5) - \text{CH}_2 - \text{CH}(\text{CH}_3) - \text{C}(\text{OH})(\text{CH}_3) - \text{CH}_3$
  - $\text{CH}_3 - \text{CH}_2 - \text{CH}_2 - \text{CH}(\text{CH}_3) - \text{C}(\text{CH}_3)(\text{C}_2\text{H}_5) - \text{CH}_2\text{OH}$
  - $\text{CH}_3 - \text{CH}_2 - \text{CH}(\text{CH}_3) - \text{CH}_2 - \text{CH}(\text{CH}_3) - \text{CH}(\text{C}_2\text{H}_5) - \text{OH}$
  - $\text{CH}_3 - \text{CH}(\text{OH}) - \text{CH}(\text{C}_2\text{H}_5) - \text{CH}(\text{CH}_3) - \text{CH}(\text{CH}_3) - \text{CH}_3$
- Di antara senyawa-senyawa berikut yang memiliki gugus fungsi aldehid dan asam karboksilat adalah ....
  - $\text{HCOOH}$  dan  $\text{CH}_3\text{OH}$
  - $\text{CH}_3\text{COOH}$  dan  $\text{CH}_3\text{CHO}$
  - $\text{CH}_3\text{CHOCH}_3$  dan  $\text{CH}_3\text{CH}_2\text{OH}$
  - $\text{CH}_3\text{COOCH}_3$  dan  $\text{CH}_3\text{COH}$
  - $\text{CH}_3\text{COOH}$  dan  $\text{CH}_3\text{COCH}_3$
- Senyawa  $\text{CH}_3\text{CH}_2\text{CH}(\text{CH}_3)\text{CH}(\text{OC}_2\text{H}_5)\text{CH}_3$  memiliki nama ....
  - 3-etoksi-2-etil butana
  - 2-etoksi-3-metil pentana
  - 3-propil-2-etil butana
  - 2-propil-3-etil pentana
  - 2-etil-3-etoksi pentana
- Senyawa bromoetanal memiliki struktur ....
  - $\text{BrCH}_2\text{OCH}_3$
  - $\text{BrCH}_2\text{COOH}$
  - $\text{BrCH}_2\text{CHO}$
  - $\text{CH}_3\text{CH}_2\text{Br}$
  - $\text{HOCH}_2\text{Br}$
- Nama IUPAC untuk rumus struktur  $\text{BrCH}(\text{CH}_3)\text{CO}_2\text{H}$  adalah ....
  - asam 2-metil bromopropanoat
  - asam bromopropionat
  - asam 2-bromopentanoat
  - asam 2-bromopropanoat
  - asam 2-bromo-2-metil etanoat
- Nama trivial untuk rumus  $\text{CH}_3\text{CHBrCOOH}$  adalah ....
  - asam 2-bromopropanoat
  - asam  $\beta$ -bromopropanoat
  - asam  $\alpha$ -bromopropionat
  - asam bromopropanoat
  - asam 2-bromoetanoat
- Dari struktur senyawa-senyawa berikut ini yang merupakan struktur dari butil propanoat adalah ....
  - $\text{CH}_3\text{CH}_2\text{COO}(\text{CH}_2)_3\text{CH}_3$
  - $\text{CH}_3\text{CH}_2\text{CH}_2\text{COOCH}_2\text{CH}_2\text{CH}_3$
  - $\text{CH}_3\text{CH}_2\text{CH}_2\text{COOCH}_2\text{CH}_3$
  - $\text{CH}_3\text{CH}(\text{CH}_3)\text{COOCH}_2\text{CH}_2\text{CH}_2\text{CH}_3$
  - $(\text{CH}_3)_2\text{CHCOOCH}_2\text{CH}_2\text{CH}_3$
- Nama IUPAC dari struktur  $(\text{CH}_3)_2\text{CHCH}_2\text{COOCH}_2\text{CH}_3$  adalah ....
  - 3-metil heksanoat
  - 2,2-dimetil pentanoat
  - 3-metil pentanoat
  - 2,2-dimetil etil propanoat
  - 3-metil etil butanoat



11.  $\text{C}_6\text{H}_5\text{COOH} + \text{CH}_3\text{OH} \rightarrow \text{senyawa ester}$

Senyawa ester hasil esterifikasi tersebut adalah ....



12. Nama IUPAC dari  $(\text{CH}_3)_2\text{CHCOC}(\text{CH}_3)_3$  adalah ....

- A. 1-trimetil-3-dimetil propanon
- B. 2,2,4-trimetil-3-pentanon
- C. propil etil keton
- D. 1-propil-3-etil propanon
- E. 2-metil-4-dietil pentanon

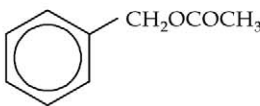
13. Nama trivial untuk  $\text{CH}_3\text{COCH}_3$  adalah ....

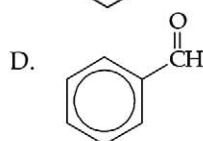
- A. 3-propanon
- B. dietil keton
- C. aseton
- D. dimetil keton
- E. metil etil keton

14. Formaldehid yang biasa digunakan sebagai pengawet merupakan suatu gas, dengan struktur ....

- A.  $\text{HCOOH}$
- B.  $\text{CH}_3\text{OH}$
- C.  $\text{HCOOCH}_3$
- D.  $\text{HCOH}$
- E.  $\text{CH}_3\text{OCH}_3$

15. Berikut ini yang merupakan haloalkana adalah ....

- A. metoksi propana
- B.  $\text{CH}_3\text{CH}=\text{CHCH}(\text{Br})\text{CH}_3$
- C. 



- E.  $\text{CH}_3\text{CH}(\text{Br})\text{CH}_2\text{COH}$

16.  $\text{CH}_3\text{CH}_2\text{CH}_2\text{COH}$  memiliki nama trivial ....

- A. asetaldehid
- B. propionaldehid
- C. butiraldehid
- D. benzaldehid
- E. pentanaldehid

17. 3-bromo pentanal dan bromo 2-pentanon merupakan isomer gugus fungsi dengan rumus kimia ....

- A.  $\text{C}_5\text{H}_9\text{OBr}$
- B.  $\text{C}_5\text{H}_{10}\text{OBr}$
- C.  $\text{C}_3\text{H}_9\text{OBr}$
- D.  $\text{C}_5\text{H}_{12}\text{OBr}$
- E.  $\text{C}_3\text{H}_{12}\text{OBr}$

18. Gugus fungsi yang dimiliki alkohol adalah ....

- A. - OH
- B. - O -
- C. - C = O
- D. - COOH
- E. - COH

19. Pasangan senyawa berikut yang merupakan isomer gugus fungsi adalah ....

- A. asam butanoat dan etil etanoat
- B. 2-butanol dan 1-butanol
- C. asam etanoat dan etil etanoat

D. metoksi butana dan 2-etil-pentanol

E. 3-butanon dan 2-butanon

20. Pereaksi Fehling digunakan untuk membedakan aldehid dan keton. Ciri-ciri yang dapat diamati adalah ....

	Aldehid	Keton
A.	Endapan biru	Endapan merah
B.	Tidak mengendap	Endapan biru
C.	Endapan merah	Tidak mengendap
D.	Warna menjadi kuning	Warna menjadi merah
E.	Endapan putih	Tidak mengendap

21. Jumlah isomer dikloro yang dapat dihasilkan apabila n-butana diklorinasi adalah ....

- A. 2
- B. 4
- C. 5
- D. 6
- E. 7

22. Senyawa organik dengan rumus molekul  $\text{C}_5\text{H}_{12}\text{O}$  yang merupakan alkohol tersier adalah ....

- A. 3-pentanol
- B. 2-metil-2-butanol
- C. 2-metil-3-butanol
- D. 3-metil-2-butanol
- E. trimetil karbinol

23. Nama kimia yang benar untuk senyawa  $\text{CH}(\text{CH}_3)_2\text{CH}_2\text{COCH}_3$  adalah ....

- A. 1,1-dimetil-3-butanon
- B. 2-metil-4-pentanon
- C. 4,4-dimetil-2-butanon
- D. isopropil metil keton
- E. 4-metil-2-pentanon

24. Senyawa dengan rumus molekul  $\text{C}_6\text{H}_{14}\text{O}$  termasuk kelompok senyawa ....

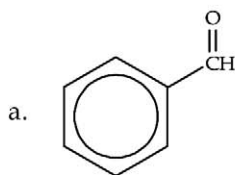
- A. aldehid
- B. keton
- C. ester
- D. eter
- E. asam karboksilat

25. Pasangan senyawa berikut ini yang merupakan isomer gugus fungsional adalah ....

- A. metil etanoat dan propanol
- B. etil metil eter dan metil etanoat
- C. propanol dan etil metil eter
- D. etil metil eter dan 2 propanon
- E. propanol dan propanal

## B. Jawablah pertanyaan berikut dengan benar.

1. Berilah nama IUPAC untuk struktur berikut ini:



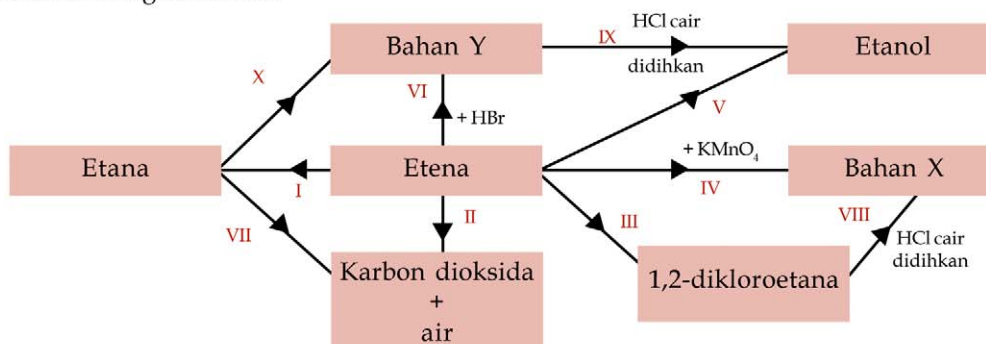
- b.  $(\text{CH}_3)_2\text{CHCH}_2\text{COOCH}_2\text{CH}_3$   
 c.  $\text{HOCH}_2\text{CH}_2\text{CHBrCH}_2\text{OH}$   
 d.  $(\text{CH}_3)_3\text{CCH}_2\text{C}(\text{CH}_3)(\text{Br})\text{CH}_2\text{COOH}$
2. Tulislah masing-masing lima contoh isomer struktur dan isomer gugus fungsi.
3. Tulislah struktur dari senyawa-senyawa berikut.
- a. 3,3-dimetil-2-butanon  
 b. asetaldehid

- c. 2,3-butanadiol  
 d. butiraldehid  
 e. kloroetanon  
 f. 2-bromopentanal

4. Jelaskan kegunaan senyawa-senyawa karbon berikut.
- a. etanol  
 b. etil eter  
 c. formaldehid  
 d. paraldehid
5. Jika asam karboksilat dengan alkohol (berlebih) direaksikan, akan terjadi reaksi esterifikasi yang menghasilkan ester. Dapatkah Anda menuliskan reaksi tersebut dan produk yang dihasilkan reaksi tersebut? Berikanlah dua contoh reaksi esterifikasi tersebut.

## Soal Tantangan

1. Perhatikan bagan berikut.



Bagan alir di atas menunjukkan tahap-tahap perubahan yang berkaitan dengan etana.

- a. Antara tahap-tahap perubahan itu, manakah yang melibatkan
- 1) penambahan (adisi) dan
  - 2) penukargantian (substitusi)?
- b. Tuliskan persamaan kimia pada perubahan II
- c. 1) Apakah nama bahan yang digunakan pada pertukaran II?  
 2) Gambarkan struktur formula 1,2-dikloroetana
- d. Beri nama bahan X yang terbentuk pada tahap IV.
- e. Beri nama bahan Y yang terbentuk pada tahap VI.

2. Perhatikan tabel di berikut.

Haloalkana	Titik Didih (°C)	Wujud pada 25 °C
Klorometana	-24	gas
Bromometana	3	gas
Kloroetana	12	gas
Bromoetana	38	cair
Iodometana	42	cair
Iodoetana	72	cair

Mengapa titik didih senyawa pada tabel tersebut dari atas ke bawah semakin meningkat dan memiliki wujud yang berbeda?

# B a b 6

## Benzena dan Turunannya



Sumber: [www.wikimedia.org](http://www.wikimedia.org); [www.polfarmex.com](http://www.polfarmex.com)

Pada bab ini, Anda akan diajak untuk dapat memahami senyawa organik dan reaksinya, benzena dan turunannya, serta makromolekul dengan cara mendeskripsikan struktur, cara penulisan, tata nama, sifat, serta kegunaan benzena dan turunannya.

Pada bab 5, Anda telah mempelajari kelompok hidrokarbon turunan alkana. Selain kelompok senyawa tersebut, terdapat kelompok senyawa hidrokarbon lainnya yang sering kita jumpai.

Anda tentunya tidak asing dengan zat kimia yang bernama parasetamol dan aspirin. Kedua senyawa tersebut sering digunakan sebagai obat sakit kepala. Tahukah Anda, apa perbedaan antara parasetamol dan aspirin?

Parasetamol dan aspirin berbeda dalam hal rumus dan struktur kimianya. Perbedaan struktur kimia ini dapat memengaruhi sifat senyawa tersebut sehingga memiliki efek medis yang khas. Parasetamol memiliki nama kimia para-asetilamino fenol dengan rumus kimia  $C_8H_9NO_2$ , sedangkan nama kimia aspirin adalah asam orto-asetiloksi benzoat dengan rumus kimia  $C_9H_8O$ . Dari rumus kimia tersebut, dapatkan Anda menuliskan rumus strukturnya?

Untuk dapat menuliskan rumus struktur parasetamol dan aspirin, Anda harus memahami terlebih dahulu pengertian senyawa benzena dan turunannya. Pelajarilah bab ini dengan baik agar Anda memahaminya.

- A. Rumus Struktur Benzena**
- B. Reaksi Substitusi dan Tata Nama Senyawa Turunan Benzena**
- C. Sifat, Kegunaan, serta Dampak Senyawa Benzena dan Turunannya**

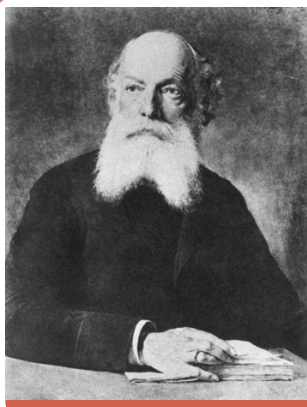


## Soal Pramateri

1. Apakah keunikan dari atom karbon?
2. Ada berapakah gugus fungsi senyawa karbon yang telah Anda pelajari?
3. Tuliskanlah beberapa tata nama dari senyawa benzena yang Anda ketahui.
4. Bagaimanakah suatu atom karbon dapat berikatan dengan atom lainnya? Jelaskan.

## Legenda

### Kimia

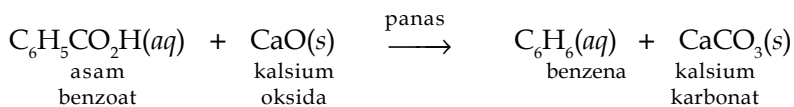


**Friedrich Kekule (1829–1896)** berhasil mengungkapkan bagaimana enam atom karbon pada molekul benzena berikatan dengan atom hidrogen. Dia menemukan pemecahannya ketika sedang tidur. Dia bermimpi tentang barisan atom-atom karbon dan hidrogen membentuk cincin, seperti seekor ular yang menelan ekornya sendiri.

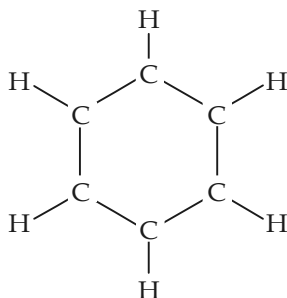
Sumber: [www.ruf.rice.edu](http://www.ruf.rice.edu)

## A Rumus Struktur Benzena

Benzena kali pertama ditemukan oleh **Michael Faraday** pada 1825. Faraday berhasil mengisolasi benzena dari gas dan memberinya nama hidrogen bikarburet (*bicarburet of hydrogen*). Pada 1833, ilmuwan Jerman, **Eilhard Mitscherlich** berhasil membuat benzena melalui distilasi asam benzoat dan kapur.

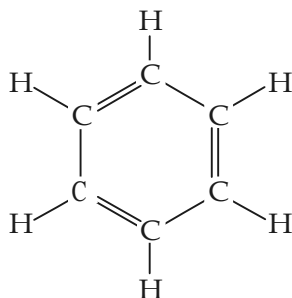


Mitscherlich memberi nama senyawa tersebut dengan sebutan *benzin*. Pada 1845, ilmuwan Inggris, **Charles Mansfield** yang bekerja sama dengan **August Wilhelm von Hofmann**, mengisolasi benzena dari tar batubara. Empat tahun kemudian, Mansfield memulai produksi benzena dari tar batubara dalam skala industri. Berdasarkan hasil penelitian, benzena memiliki rumus kimia  $\text{C}_6\text{H}_6$ . Rumus kimia ini memberikan misteri mengenai struktur yang tepat untuk benzena selama beberapa waktu setelah benzena ditemukan. Hal tersebut dikarenakan rumus kimia  $\text{C}_6\text{H}_6$  tidak sesuai dengan kesepakatan ilmuwan bahwa atom C dapat mengikat 4 atom dan atom H mengikat 1 atom. Masalah ini akhirnya sedikit terpecahkan setelah menunggu selama 40 tahun. Ilmuwan Jerman, **Friedrich August Kekule** mengusulkan agar struktur benzena berupa cincin heksagonal. Perhatikanlah gambar berikut.

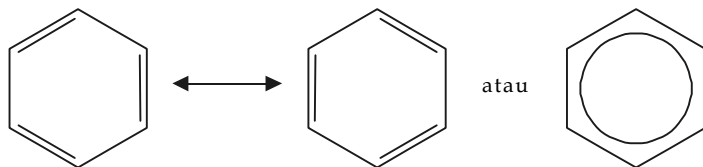


Struktur benzena yang diusulkan Kekule tidak mengandung ikatan rangkap karena benzena tidak bereaksi seperti halnya senyawa hidrokarbon yang memiliki ikatan rangkap. Namun, struktur benzena ini menimbulkan masalah karena atom C tidak taat asas. Berdasarkan kesepakatan, 1 atom C seharusnya mengikat 4 atom, sedangkan pada struktur yang diusulkan Kekule atom C hanya mengikat 3 atom.

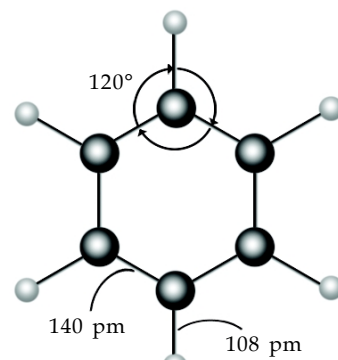
Pada 1872, Kekule mengusulkan perubahan struktur benzena. Menurut Kekule, benzena mengandung tiga ikatan tunggal dan tiga ikatan rangkap yang posisinya berselang-seling.



Berdasarkan hasil penelitian, diketahui bahwa setiap atom C pada cincin benzena memiliki sifat yang sama. Hal ini ditentukan setelah para ilmuwan mengetahui bahwa semua ikatan antaratom C memiliki panjang yang sama, yakni 140 pm (pikometer). Oleh karena semua atom C memiliki fungsi yang sama, ikatan rangkap senantiasa berubah-ubah. Bagaimanakah cara menggambarkan sifat benzena tersebut? Perhatikanlah gambar berikut.



Tanda  $\longleftrightarrow$  menyatakan bahwa senyawa benzena mengalami resonansi.



**Gambar 6.1**  
Jarak ikatan dan sudut ikatan pada benzena

## Soal Penguasaan Materi 6.1

Kerjakanlah di dalam buku latihan Anda.

1. Apakah perbedaan antara struktur kimia benzena pada 1865 dengan struktur benzena yang saat ini digunakan?
2. Bagaimanakah cara menjelaskan bahwa setiap atom C pada cincin benzena memiliki fungsi yang sama?

## B Reaksi Substitusi dan Tata Nama Senyawa Turunan Benzena

Senyawa yang memiliki ikatan rangkap biasanya lebih mudah mengalami reaksi adisi. Misalnya, senyawa hidrokarbon kelompok alkena. Akan tetapi, hal tersebut tidak berlaku untuk benzena. Meskipun benzena memiliki ikatan rangkap, benzena lebih mudah mengalami reaksi substitusi. Bagaimanakah reaksi substitusi pada benzena? Lakukanlah kegiatan berikut.

### Selidikilah 6.1

#### Reaksi Substitusi Benzena

##### Tujuan

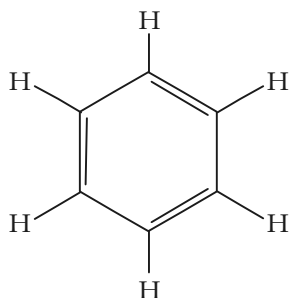
Menyelidiki reaksi substitusi benzena

##### Alat dan Bahan

Struktur senyawa kimia

##### Langkah Kerja

1. Perhatikan gambar berikut.



### Tantangan Kimia

Menurut Anda, mengapa benzena lebih mudah mengalami reaksi substitusi daripada reaksi adisi? Diskusikanlah dengan teman Anda.

## Kata Kunci

- Benzena
- Substitusi

## Kupas

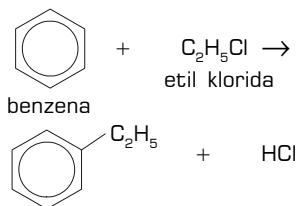
### Tuntas

Alkil benzena dapat terbentuk jika benzena direaksikan dengan suatu alkil halida dengan bantuan katalis aluminium klorida. Jika dalam reaksi ini digunakan etil klorida, alkil benzena yang terbentuk adalah ....

- benzil klorida
- fenil klorida
- asetil benzena
- toluena
- etil benzena

#### Pembahasan

Reaksi antara benzena dan alkil halida disebut sintesis Friedel Crafts:



Jadi, alkil benzena yang terbentuk adalah (E) etil benzena.

UN 2003

2. Gantilah salah satu atom H dengan atom/molekul berikut.

- Br
- $\text{NO}_2$
- $\text{CH}_3$
- $\text{O} = \text{C} - \text{CH}_3$
- $\text{SO}_3\text{H}$

Jawablah pertanyaan berikut untuk menarik kesimpulan.

- Disebut apakah reaksi substitusi atom H pada benzena oleh atom halogen?
- Disebut apakah reaksi substitusi atom H pada benzena oleh gugus  $\text{NO}_2$ ?
- Disebut apakah reaksi substitusi atom H pada benzena oleh gugus alkil ( $\text{CH}_3$ )?
- Disebut apakah reaksi substitusi atom H pada benzena oleh gugus asil ( $\text{O} = \text{C} - \text{CH}_3$ )?
- Disebut apakah reaksi substitusi atom H pada benzena oleh gugus  $\text{SO}_3\text{H}$ ?

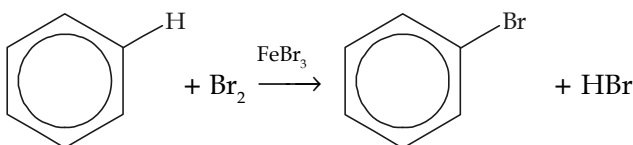
Diskusikan hasil yang Anda peroleh dengan teman Anda.

Bandingkanlah kesimpulan Anda dengan penjelasan berikut.

Reaksi substitusi 1 atom H pada benzena oleh 1 atom/molekul lainnya disebut reaksi **monosubstitusi**. Ada beberapa reaksi monosubstitusi, di antaranya reaksi halogenasi, nitrasi, sulfonasi, alkilasi, dan asilasi.

## 1. Reaksi Halogenasi

Pada reaksi halogenasi, atom H digantikan oleh atom halogen, seperti Br, Cl, dan I. Pereaksi yang digunakan adalah gas  $\text{Br}_2$ ,  $\text{Cl}_2$ , dan  $\text{I}_2$  dengan katalisator besi(III) halida.



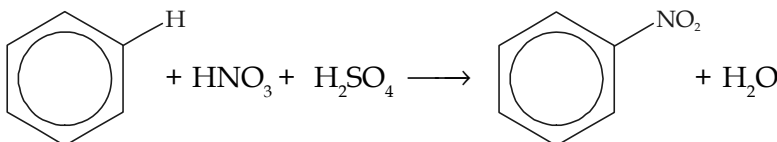
Nama senyawa yang terbentuk bergantung pada atom halogen yang mensubstitusi atom H. Perhatikanlah tabel berikut.

Tabel 6.1 Nama Senyawa Hasil Reaksi Halogenasi

Atom Halogen	Rumus Kimia	Nama
Br	$\text{C}_6\text{H}_5\text{Br}$	Bromobenzena
Cl	$\text{C}_6\text{H}_5\text{Cl}$	Klorobenzena
I	$\text{C}_6\text{H}_5\text{I}$	Iodobenzena

## 2. Reaksi Nitrasi

Pada reaksi nitrasi, atom H digantikan oleh gugus nitro ( $\text{NO}_2$ ). Pereaksi yang digunakan adalah asam nitrat pekat ( $\text{HNO}_3$ ) dengan katalisator asam sulfat pekat ( $\text{H}_2\text{SO}_4$ ).

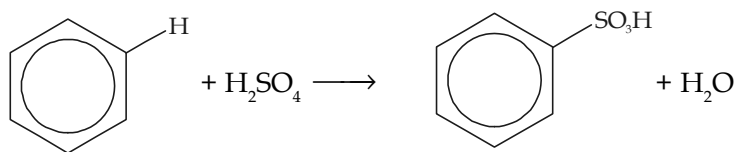


Senyawa yang terbentuk memiliki nama nitrobenzena.

## 3. Reaksi Sulfonasi

Pada reaksi sulfonasi, atom H digantikan oleh gugus sulfonat ( $\text{SO}_3\text{H}$ ). Pereaksi yang digunakan adalah asam sulfat berasap ( $\text{H}_2\text{SO}_4 + \text{SO}_3$ ) pada suhu  $40^\circ\text{C}$ .

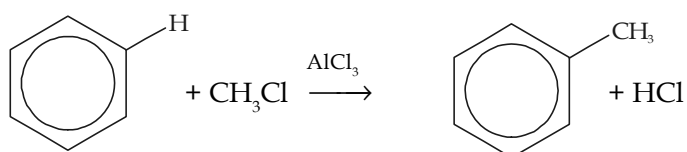




Senyawa yang terbentuk memiliki nama asam benzena sulfonat.

#### 4. Reaksi Alkilasi

Pada reaksi alkilasi, atom H digantikan oleh gugus alkil ( $\text{C}_n\text{H}_{2n+1}$ ). Pereaksi yang digunakan adalah alkil halida dengan katalisator aluminium klorida ( $\text{AlCl}_3$ ).



Nama senyawa yang terbentuk bergantung pada gugus alkil yang mensubstitusi atom H. Berikut contoh penamaan alkil benzena.

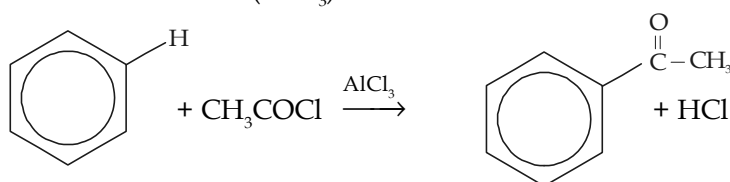
Tabel 6.2 Nama Senyawa Hasil Reaksi Alkilasi

Alkil Halida	Rumus Kimia	Nama
$\text{CH}_3\text{Cl}$	$\text{C}_6\text{H}_5\text{CH}_3$	Metilbenzena
$\text{CH}_3\text{CH}_2\text{Cl}$	$\text{C}_6\text{H}_5\text{CH}_2\text{CH}_3$	Etilbenzena
$\text{CH}_3\text{CH}_2\text{CH}_2\text{Cl}$	$\text{C}_6\text{H}_5\text{CH}_2\text{CH}_2\text{CH}_3$	Propilbenzena

Dapatkan Anda tentukan penamaan alkil benzena yang lain?

#### 5. Reaksi Asilasi

Pada reaksi asilasi, atom H digantikan oleh gugus asil ( $\text{CH}_3\text{C}=\text{O}$ ). Pereaksi yang digunakan adalah halida asam, seperti  $\text{CH}_3\text{COCl}$  (asetil klorida) dan  $\text{CH}_3\text{CH}_2\text{C}=\text{OCl}$  (propanoil klorida) dengan katalisator aluminium klorida ( $\text{AlCl}_3$ ).



Nama senyawa yang terbentuk bergantung pada gugus asil yang mensubstitusi atom H.

Tabel 6.3 Nama Senyawa Hasil Reaksi Asilasi

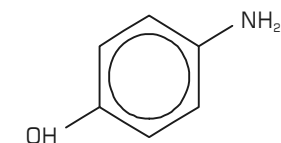
Gugus Asil	Rumus Kimia	Nama
$\text{CH}_3\text{COCl}$	$\text{C}_6\text{H}_5\text{COCH}_3$	Asetofenon
$\text{CH}_3\text{CH}_2\text{COCl}$	$\text{C}_6\text{H}_5\text{COCH}_2\text{CH}_3$	Fenil etil keton

Senyawa turunan benzena yang dihasilkan dari reaksi monosubstitusi dapat mengalami substitusi kedua. Bagaimanakah struktur dan tata nama senyawa turunan benzena yang mengalami substitusi kedua? Selidikilah pada kegiatan berikut.

#### Kupas

##### Tuntas

Nama untuk senyawa turunan benzena dengan rumus struktur



adalah ....

- orto hidroksi anilina
- meta hidroksi anilina
- para hidroksi anilina
- orto amino fenol
- para nitro fenol

#### Pembahasan

Penamaan orto, meta, dan para untuk senyawa turunan benzena menunjukkan letak 2 gugus atom yang diikat oleh nomor atom C pada cincin benzena; kedudukan orto (atom C1 dan C2), meta (atom C1 dan C3), sedangkan pada para (atom C1 dan C4). Jadi, nama untuk senyawa turunan benzena tersebut adalah (C) parahidroksi anilina.

UN 2003



## Selidikilah 6.2

### Reaksi Substitusi Kedua Turunan Benzena

#### Tujuan

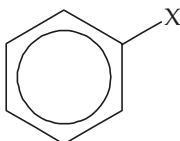
Menyelidiki reaksi substitusi kedua turunan benzena

#### Alat dan Bahan

Struktur senyawa kimia

#### Langkah Kerja

1. Perhatikanlah gambar berikut.



2. Berilah nomor pada setiap atom C dimulai dari atom C yang mengikat atom X.
3. Tuliskan atom Y pada salah satu atom C yang belum mengikat atom.

#### Jawablah pertanyaan berikut untuk menarik kesimpulan.

1. Ada berapa kemungkinan struktur senyawa turunan benzena yang mengalami substitusi kedua?
2. Disebut apakah senyawa turunan benzena yang posisi atom-atomnya terletak pada cincin nomor 1 dan 2?
3. Disebut apakah senyawa turunan benzena yang posisi atom-atomnya terletak pada cincin nomor 1 dan 3?
4. Disebut apakah senyawa turunan benzena yang posisi atom-atomnya terletak pada cincin nomor 1 dan 4?

Diskusikan hasil yang Anda peroleh dengan teman Anda.

### Anda Harus Ingat

Terdapat tiga isomer yang mungkin dari suatu senyawa turunan benzena yang mengalami reaksi substitusi. Ketiga isomer tersebut dinamakan orto-, meta-, dan para-.

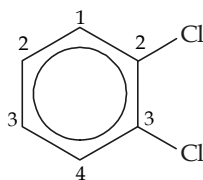
#### You Must Remember

There are three possible isomers of benzena derivatives if they have substitution reactions. These three isomers are named ortho-, meta-, and para-.

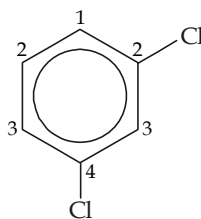
Bandingkanlah hasil penyelidikan Anda dengan penjelasan berikut.

Ada 3 kemungkinan struktur senyawa turunan benzena yang mengalami substitusi kedua, yaitu posisi 1 dan 2, posisi 1 dan 3, serta posisi 1 dan 4. Senyawa turunan benzena yang posisi atom-atom substituenya terletak pada cincin nomor 1 dan 2 disebut senyawa **orto**. Senyawa turunan benzena yang posisi atom-atom substituenya terletak pada cincin nomor 1 dan 3 disebut senyawa **meta**. Senyawa turunan benzena yang posisi atom-atomnya terletak pada cincin nomor 1 dan 4 disebut senyawa **para**.

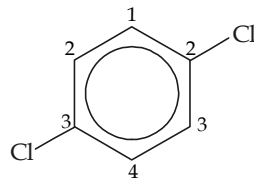
Bagaimanakah cara memberi nama senyawa-senyawa turunan benzena yang mengalami substitusi kedua? Perhatikanlah contoh-contoh berikut.



1,2-diklorobenzena  
o-diklorobenzena



1,3-diklorobenzena  
m-diklorobenzena



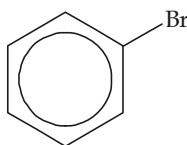
1,4-diklorobenzena  
p-diklorobenzena

## Soal Penguasaan Materi 6.2

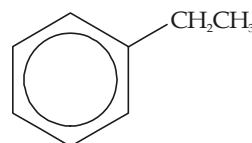
Kerjakanlah di dalam buku latihan Anda.

1. Berilah nama pada senyawa-senyawa berikut.

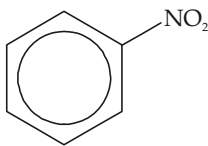
a.



b.



c.



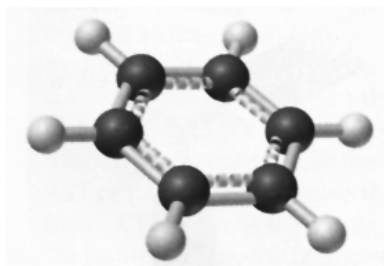
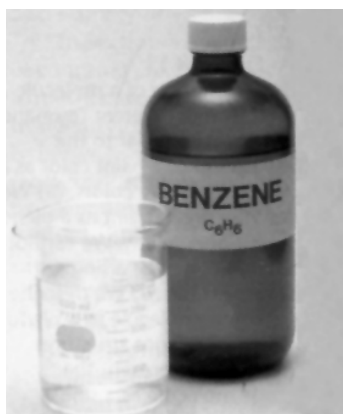
2. Berilah nama lain dari senyawa-senyawa berikut.
  - a. 1,2-dibromobenzena
  - b. 1,3-dinitrobenzena
3. Gambarkanlah struktur kimia senyawa-senyawa berikut.
  - a. 1,4-diklorobenzena
  - b. p-dinitrobenzena

## C Sifat, Kegunaan, serta Dampak Senyawa Benzena dan Turunannya

Sifat yang dimiliki senyawa turunan benzena sangat beragam bergantung pada jenis substituenya. Sifat-sifat khas ini dapat dimanfaatkan untuk berbagai hal. Senyawa benzena dan turunannya banyak digunakan di bidang kesehatan, industri, pertanian, dan sebagai bahan peledak. Beberapa pabrik di Indonesia, yaitu Bekasi dan Surabaya telah memproduksi bahan kimia turunan benzena seperti alkil benzena sulfonat yang digunakan sebagai bahan baku pembuatan detergen. Berikut ini beberapa senyawa benzena dan turunannya.

### 1. Benzena

Benzena merupakan zat kimia yang tidak berwarna, mudah terbakar, dan berwujud cair. Benzena digunakan sebagai bahan baku untuk pembuatan plastik dan bahan kimia lainnya, seperti detergen dan bahan bakar kendaraan. Namun, benzena juga diketahui dapat menyebabkan kanker sel darah putih (leukimia) bagi manusia. Jika mengisap benzena dengan kadar yang cukup tinggi, dapat menyebabkan kematian.



Sumber: Chemistry The Central Science, 2000

Meminum atau memakan makanan yang mengandung benzena dalam jumlah cukup tinggi dapat menyebabkan berbagai masalah, mulai dari muntah-muntah, iritasi lambung, kepala pusing, hingga kematian.

### 2. Aspirin

Aspirin atau asam asetilsalisilat memiliki sifat analgesik, antipiretik, antiradang, dan antikoagulan. Karena sifat-sifat itulah aspirin biasanya digunakan sebagai obat sakit gigi dan obat pusing. Senyawa ini memiliki titik didih 140 °C dan titik leleh 136 °C.

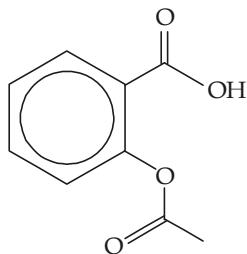
Gambar 6.2

Benzena merupakan zat kimia yang mudah terbakar.

## Fakta Kimia

### Cara Kerja Aspirin

Aspirin bekerja di dalam tubuh dengan menghambat terbentuknya prostaglandins yang dihasilkan enzim prostaglandin synthase. Pembentukan prostaglandins menimbulkan efek demam dan pembengkakan, serta meningkatkan sensitivitas reseptor rasa sakit. Dengan terhambatnya pembentukan prostaglandins, aspirin dapat mengurangi demam dan pembengkakan, juga dapat digunakan sebagai penahan rasa sakit sehingga aspirin banyak digunakan untuk obat sakit gigi dan obat sakit kepala.



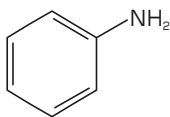
## Kupas Tuntas

Turunan benzena yang merupakan bahan dasar pembuatan zat warna sintetik adalah ....

- A.
- B.
- C.
- D.
- E.

### Pembahasan

Turunan benzena sebagai bahan dasar pembuatan zat warna sintetik adalah senyawa anilin yang memiliki struktur sebagai berikut.



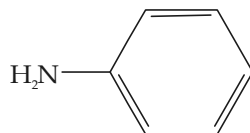
Jadi, struktur senyawa (C) merupakan bahan dasar zat warna sintetik.

UN 2003

Mengonsumsi aspirin secara berlebihan dapat menyebabkan gangguan pada kesehatan. Di antaranya gangguan pencernaan pada lambung, seperti sakit maag dan pendarahan lambung.

## 3. Anilina

Anilina memiliki rumus kimia  $C_6H_5NH_2$  dan biasa dikenal dengan nama fenilamina atau aminobenzena. Senyawa turunan benzena ini mengandung gugus amina. Berikut struktur molekul anilina.



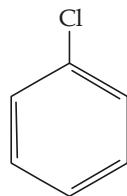
Anilina memiliki wujud cair pada suhu kamar dan tidak berwarna (*colorless*). Titik didihnya  $184^\circ C$ , sedangkan titik lelehnya  $-6^\circ C$ . Senyawa anilina mudah menguap dan menimbulkan bau tak sedap, seperti ikan yang membusuk.

Dilihat dari sifat kimianya, anilina tergolong basa lemah. Anilina dapat bereaksi dengan asam kuat menghasilkan garam yang mengandung ion **anilinium** ( $C_6H_5-NH_3^+$ ). Selain itu, anilin juga mudah bereaksi dengan asil halida (misalnya asetil klorida,  $CH_3COCl$ ) membentuk suatu amida. Amida yang terbentuk dari anilin disebut **anilida**. Misalnya, senyawa dengan rumus kimia  $CH_3-CO-NH-C_6H_5$  diberi nama asetanilida.

Anilina banyak digunakan sebagai zat warna. Bukan hanya itu, anilina juga digunakan sebagai bahan baku pembuatan berbagai obat, seperti antipirina dan antifebrin. Di balik kegunaannya, penggunaan anilina secara berlebihan dapat mengakibatkan mual, muntah-muntah, pusing, dan sakit kepala. Beberapa penelitian menyebutkan bahwa penggunaan anilina dapat menyebabkan insomnia.

## 4. Klorobenzena

Klorobenzena adalah senyawa turunan benzena dengan rumus kimia  $C_6H_5Cl$ . Senyawa ini memiliki warna bening (*colorless*) dan mudah terbakar. Klorobenzena dapat diperoleh dengan cara mereaksikan fenol dan fosfor pentaklorida. Klorobenzena tidak larut di dalam air serta memiliki titik leleh  $-45^\circ C$  dan titik didih  $131^\circ C$ . Berikut struktur molekul klorobenzena.



Klorobenzena banyak digunakan dalam pembuatan pestisida, seperti DDT yang penggunaannya telah dilarang di seluruh dunia. Senyawa ini juga digunakan dalam pembuatan fenol. Saat ini, klorobenzena digunakan sebagai produk antara pada pembuatan nitroklorobenzena dan difeniloksida. Nitroklorobenzena dan difeniloksida merupakan bahan baku pembuatan herbisida, zat pewarna, dan karet. Klorobenzena juga digunakan sebagai pelarut dalam kimia organik, di antaranya pelarut untuk cat.



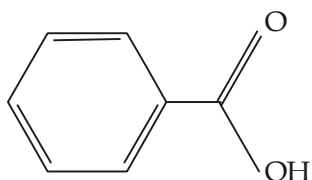
Sumber: www.alandonfire.net

**Gambar 6.3**

Klorobenzena digunakan dalam pembuatan pestisida.

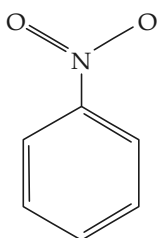
## 5. Asam Benzoat

Asam benzoat adalah senyawa turunan benzena dengan rumus kimia  $C_6H_5CO_2$ . Asam benzoat memiliki sifat fisis di antaranya titik leleh  $122\text{ }^{\circ}\text{C}$  ( $252\text{ }^{\circ}\text{F}$ ) dan titik didih  $249\text{ }^{\circ}\text{C}$  ( $480\text{ }^{\circ}\text{F}$ ). Penggunaan utama dari asam benzoat adalah sebagai pengawet makanan. Berikut struktur molekul asam benzoat.



## 6. Nitrobenzena

Nitrobenzena memiliki rumus kimia  $C_6H_5NO_2$ . Turunan benzena ini dikenal juga dengan nama **nitrobenzol** atau **minyak mirbane**. Nitrobenzena memiliki aroma almond, namun bersifat racun. Perhatikanlah struktur molekul nitrobenzena berikut.



Kelarutan nitrobenzena dalam air sekitar  $0,19\text{ g}/100\text{ mL}$  pada  $20\text{ }^{\circ}\text{C}$ , titik lelehnya  $5,85\text{ }^{\circ}\text{C}$ , sedangkan titik didihnya  $210,9\text{ }^{\circ}\text{C}$ . Nitrobenzena dapat digunakan sebagai pelarut dan bahan baku pembuatan anilina serta digunakan juga dalam produk semir dan senyawa insulator.

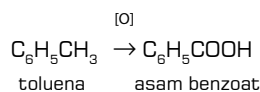
## Kupas

### Tuntas

Oksidasi sempurna senyawa toluena akan menghasilkan ....

- A. fenol
- B. anilin
- C. benzaldehida
- D. asam benzoat
- E. nitrobenzena

### Pembahasan



Jadi, oksidasi sempurna senyawa toluena akan menghasilkan (D) asam benzoat.

UMPTN 1999



**Gambar 6.4**

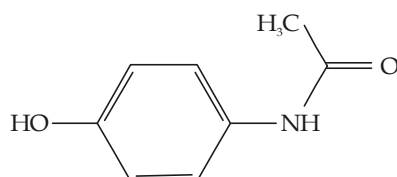
Semir sepatu mengandung nitrobenzena.



Sumber: stockbyte

## 7. Parasetamol

Parasetamol atau asetaminofen merupakan zat analgesik dan antipiretik yang paling populer. Parasetamol sering digunakan untuk mengobati pusing dan sakit kepala. Berikut ini struktur molekul parasetamol.



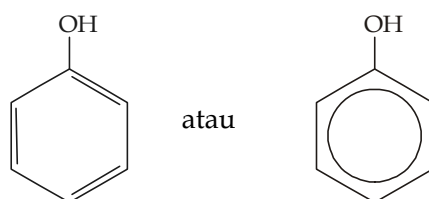
Sifat dari parasetamol antara lain titik leleh  $169^{\circ}\text{C}$ , kelarutan dalam air  $1,4\text{ g}/100\text{ mL}$  ( $20^{\circ}\text{C}$ ), serta larut di dalam etanol. Tahukah Anda, dari manakah asal kata asetaminofen dan parasetamol? Kedua nama tersebut berasal dari nama kimia kedua senyawa, yaitu *N-acetyl-para-aminophenol* dan *para-acetyl-amino-phenol*. Terlalu banyak mengonsumsi parasetamol dapat menyebabkan gangguan kesehatan.

### Tantangan Kimia

Carilah informasi dari media internet senyawa benzena dan kegunaan serta dampak negatifnya terhadap kesehatan. Kerjakanlah secara berkelompok dan buatlah laporannya.

## 8. Fenol

Fenol dikenal juga dengan nama asam karbolat. Turunan benzena ini merupakan padatan kristalin yang tidak berwarna. Rumus kimianya adalah  $\text{C}_6\text{H}_5\text{OH}$ . Dari nama dan rumus kimianya, dapat diduga bahwa senyawa fenol mengandung gugus hidroksil ( $-\text{OH}$ ) yang terikat pada cincin benzena. Sifat-sifat fenol di antaranya, kelarutannya di dalam air  $9,8\text{ g}/100\text{ mL}$ , titik leleh  $40,5^{\circ}\text{C}$ , dan titik didih  $181,7^{\circ}\text{C}$ . Perhatikanlah struktur molekul fenol berikut.



Fenol memiliki sifat antiseptik sehingga digunakan di dalam bidang pembedahan untuk mensterilkan alat-alat. Fenol juga banyak digunakan dalam pembuatan obat, resin sintetis, dan polimer. Fenol dapat menyebabkan iritasi pada kulit.

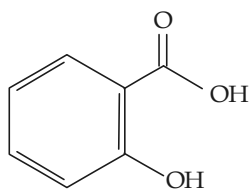
## 9. Asam Salisilat

Asam salisilat merupakan turunan benzena yang tergolong asam karboksilat sehingga asam salisilat memiliki gugus karboksil ( $-\text{COOH}$ ). Adanya gugus ini menyebabkan asam salisilat dapat bereaksi dengan alkohol membentuk ester. Misalnya, reaksi asam salisilat dengan metanol akan menghasilkan metil salisilat. Asam salisilat bersifat racun jika digunakan





dalam jumlah besar, tetapi dalam jumlah sedikit asam salisilat digunakan sebagai pengawet makanan dan antiseptik pada pasta gigi. Perhatikan struktur molekul asam salisilat berikut.



## 10. TNT (*Trinitrotoluene*)

TNT (*Trinitrotoluene*) merupakan senyawa turunan benzena yang bersifat mudah meledak. Senyawa TNT diperoleh melalui reaksi nitrasi toluena. TNT digunakan sebagai bahan peledak untuk kepentingan militer dan pertambangan.

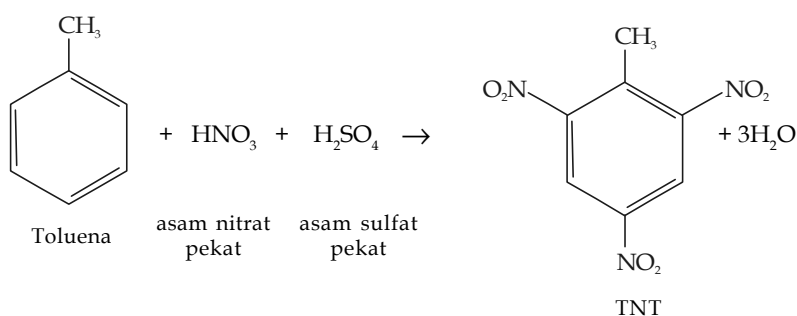


Sumber: Basic Concepts of Chemistry, 1994

### Gambar 6.5

Trinitrotoluene (TNT) merupakan bahan kimia yang biasa digunakan sebagai peledak.

Senyawa TNT (*Trinitrotoluene*) dibuat dengan cara mereaksikan toluena dan asam nitrat pekat, serta dibantu katalis asam sulfat pekat. Berikut reaksi pembentukan TNT.



Studi dan pengembangan senyawa benzena dan turunannya dapat berakibat positif dan negatif. Contohnya, TNT sering disalahgunakan sebagai bahan peledak sehingga merugikan umat manusia dan lingkungan. Bagaimanakah menurut Anda pemanfaatan TNT ini sehingga dapat menjadi sesuatu yang bermanfaat bagi kehidupan manusia dan lingkungan?



## Buktikanlah oleh Anda

Senyawa turunan benzena banyak digunakan pada bidang kesehatan, terutama untuk bahan pembuatan obat. Datalah beberapa jenis obat yang mengandung senyawa turunan benzena, kemudian buatlah suatu laporan mengenai hal tersebut.

*Kerjakanlah secara berkelompok dan presentasikan hasil yang diperoleh di depan kelas.*

## Soal Penguasaan Materi 6.3

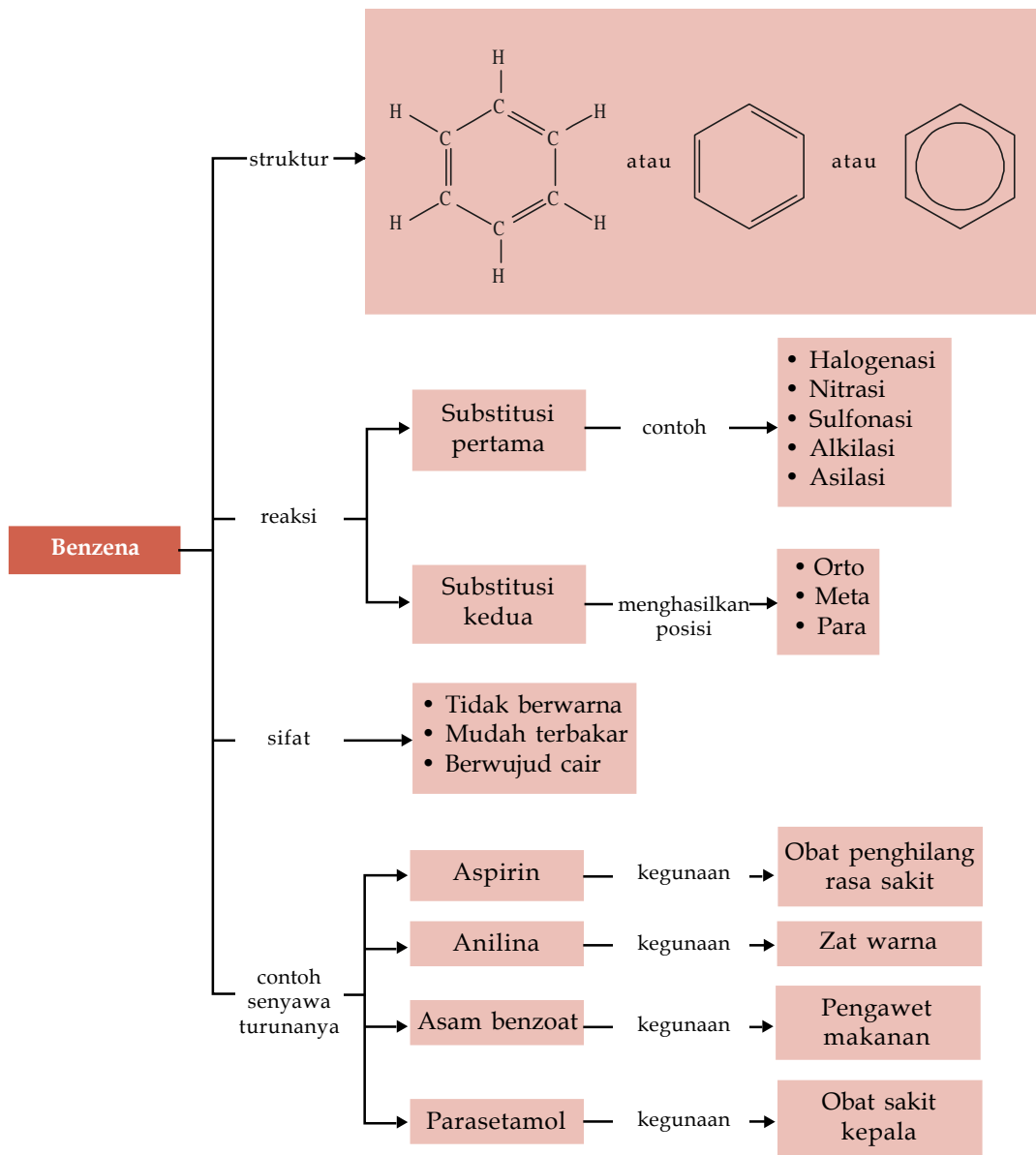
Kerjakanlah di dalam buku latihan Anda.

1. Bagaimanakah dampak penggunaan aspirin yang berlebihan?
2. Tuliskan struktur dari parasetamol dan sebutkan pula kegunaannya.

## Rangkuman

1. Benzena adalah senyawa aromatik dengan rumus kimia  $C_6H_6$ , memiliki struktur berbentuk segienam dan berikatan rangkap yang selang-seling.
2. Benzena dapat mengalami reaksi substitusi (halogenasi, nitrasi, sulfonasi, alkilasi, dan asilasi). Apabila ada dua substituen yang tersubstitusi, akan menghasilkan posisi orto, meta, atau para.
3. Sifat fisis dari benzena adalah tidak berwarna, mudah terbakar, dan berwujud cair.
4. Contoh-contoh senyawa turunan benzena di antaranya aspirin, anilina, asam benzoat, dan parasetamol.

# Peta Konsep



## Kaji Diri

Bagaimanakah pendapat Anda setelah mempelajari materi **Benzena dan Turunannya** ini? Menyenangkan, bukan? Banyak hal yang menarik tentang materi Benzena dan Turunannya ini. Misalnya, Anda akan mengenal senyawa-senyawa kimia penyusun obat, zat pengawet, pewarna, dan lain-lain.

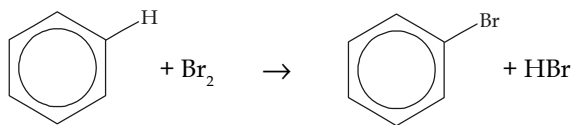
Tujuan Anda mempelajari bab ini adalah agar Anda dapat mendeskripsikan struktur, cara penulisan, tata nama, sifat

dan kegunaan benzena dan turunannya. Apakah Anda dapat mencapai tujuan belajar tersebut? Jika Anda mengalami kesulitan dalam mempelajari materi tertentu pada bab ini, bertanyalah kepada guru kimia Anda. Anda pun dapat berdiskusi dengan teman-teman untuk memecahkan permasalahan-permasalahan yang berkenaan dengan materi Benzena dan Turunannya ini. Belajarliah dengan baik. Pastikanlah Anda menguasai materi ini.

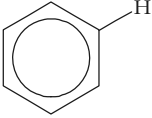
## Evaluasi Materi Bab 6

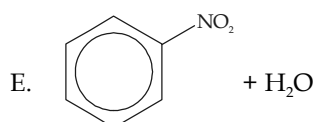
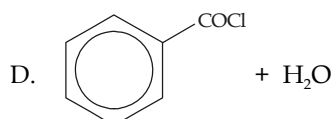
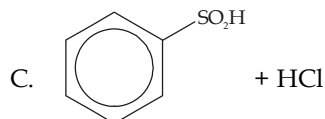
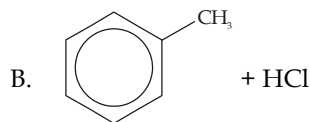
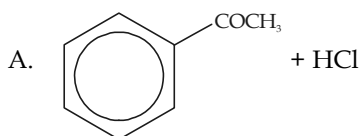
A. Pilihlah salah satu jawaban yang paling tepat dan kerjakanlah pada buku latihan Anda.

Perhatikan persamaan reaksi berikut untuk menjawab soal nomor 1, 2, dan 3.

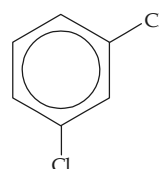
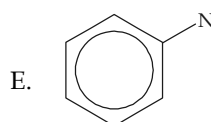
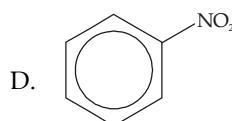
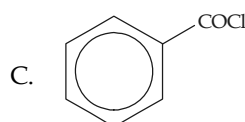
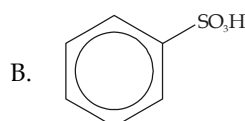
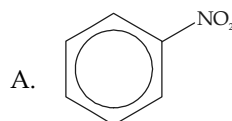


- Nama reaksi tersebut adalah ....
  - halogenasi
  - asilasi
  - alkilasi
  - sulfonasi
  - hidrogenasi
- Senyawa turunan benzena yang dihasilkan adalah ....
  - klorobenzena
  - bromobenzena
  - klorinbenzena
  - brominbenzin
  - monoklorobenzena
- Rumus kimia dari turunan benzena yang berfungsi sebagai pereaksi adalah ....
  - $\text{C}_6\text{H}_5$
  - $\text{C}_6\text{H}_{12}$
  - $\text{C}_6\text{H}_6$
  - $\text{C}_6\text{H}_{11}$
  - $\text{C}_5\text{H}_{10}$
- Katalisator yang digunakan dalam reaksi nitrasi adalah ....
  - asam nitrat pekat
  - asam sulfat pekat
  - asam klorida pekat
  - gas hidrogen
  - gas oksigen
- Pada reaksi sulfonasi, gugus yang menggantikan atom H adalah ....
  - sulfonat
  - klorida
  - bromida
  - alkil
  - asil

- Hasil reaksi dari  dan  $\text{CH}_3\text{COCl}$  dengan katalis  $\text{AlCl}_3$  adalah ....



- Struktur yang tepat untuk nitrobenzena adalah ....



Nama untuk senyawa tersebut adalah ....

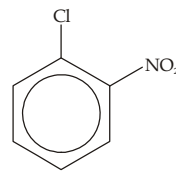
- 1,2-diklorobenzena
- p-diklorobenzena

- C. o-diklorobenzena  
D. m-diklorobenzena  
E. 1,4-diklorobenzena
9. Senyawa turunan benzena yang bersifat analgesik adalah ....  
A. aspirin  
B. BHT  
C. BHA  
D. toluena  
E. anilina
10. Asam benzoat banyak digunakan sebagai ....  
A. bahan peledak  
B. pengawet makanan  
C. pereda sakit kepala  
D. antioksidan  
E. pewarna makanan
11. TNT yang digunakan sebagai bahan peledak dihasilkan melalui reaksi ....  
A. sufonasi  
B. nitrasi  
C. halogenasi  
D. alkilasi  
E. asilasi
12. Asam salisilat dapat bereaksi dengan metanol menghasilkan metil salisilat. Gugus fungsi yang menyebabkan asam salisilat bereaksi adalah ....  
A. alkohol  
B. ikatan rangkap  
C. karboksil  
D. karbonil  
E. alkil
13. Hasil reaksi dari benzena dan propilklorida adalah ....  
A. propilbenzena  
B. fenilpropanoat  
C. metilbenzena  
D. etilbenzena  
E. etilbenzoat

**B. Jawablah pertanyaan berikut dengan benar:**

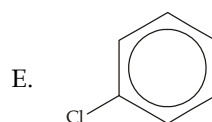
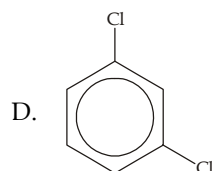
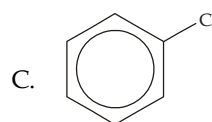
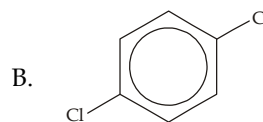
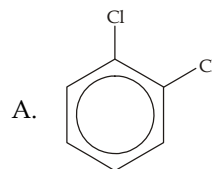
- Tuliskanlah senyawa yang terbentuk dan hasil samping dari reaksi antara benzena dan gas bromin.
- Apakah kegunaan dari klorobenzena?
- Gambarkanlah struktur kimia dari:
  - o-iodobenzena
  - m-bromobenzena
- Suatu senyawa memiliki nama 1,3-dinitrobenzena.

14. Nama untuk senyawa berikut adalah ....



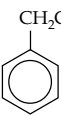
- 1,4-kloronitrobenzena
- p-kloronitrobenzena
- m-nitroklorobenzena
- 1,2- itroklorobenzena
- o-kloronitrobenzena

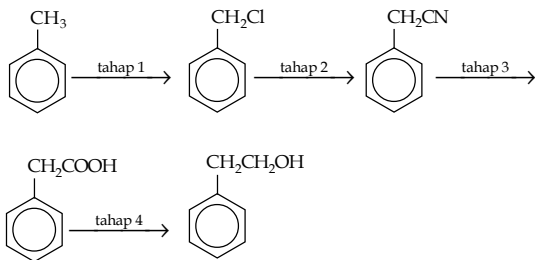
15. Struktur kimia dari senyawa p-diklorobenzena adalah ....



- Beri nama lain dari senyawa tersebut.
  - Gambarkan struktur kimianya.
5. Suatu senyawa memiliki rumus kimia  $C_6H_5COOCH_3$ .
- Tuliskan namanya.
  - Tuliskan gugus yang dimilikinya.
  - Tuliskan persamaan reaksi pembuatannya.
  - Tuliskan hasil sampingnya.

### Soal Tantangan

1. 2-fenil etanol  dapat disintesis dari metil benzena melalui beberapa tahap berikut.



Tentukanlah:

- pereaksi yang digunakan pada tahap 1, 2, dan 3,
  - jenis reaksi kimia yang terjadi pada ke-4 tahap tersebut.
2. Klorobenzena adalah senyawa turunan benzena dengan rumus kimia  $\text{C}_6\text{H}_5\text{Cl}$ . Klorobenzena banyak digunakan dalam pembuatan pestisida. Seperti DDT yang sudah tidak digunakan lagi. Mengapa penggunaan DDT dilarang?

# B a b 7

## Makromolekul



Pada bab ini, Anda akan diajak untuk dapat memahami senyawa organik dan reaksinya, benzena dan turunannya, serta makromolekul dengan cara mendeskripsikan struktur, tata nama, penggolongan, sifat, dan kegunaan makromolekul (polimer, karbohidrat, dan protein), serta mendeskripsikan struktur, tata nama, penggolongan, sifat, dan kegunaan lemak.

Dalam kehidupan sehari-hari, Anda tentu tidak asing lagi dengan bahan makanan, seperti beras, jagung, daging, tempe, dan tahu. Anda juga pasti mengenal berbagai jenis plastik. Berbagai perabotan rumah tangga, seperti ember, gayung, dan gelas yang terbuat dari plastik. Bahan-bahan tersebut terbuat dari senyawa makromolekul atau polimer. Sesuai dengan nama senyawa tersebut, makromolekul berarti molekul besar dengan berat molekul yang besar. Tubuh manusia juga terdiri atas makromolekul-makromolekul yang Anda kenal dengan karbohidrat, protein, dan lemak. Sekarang, Anda pikirkan, apakah persamaan dan perbedaan antara bahan makanan dan plastik?

Apakah makromolekul dan polimer itu? Bagaimana sifat-sifat makromolekul? Senyawa apa sajakah yang termasuk makromolekul? Jika Anda ingin mengetahui jawabannya, pelajailah bab ini.

- A. Polimer**
- B. Pembuatan Polimer**
- C. Karbohidrat**
- D. Protein**
- E. Plastik**
- F. Lemak dan Minyak**

## Soal Pramateri

1. Apakah yang Anda ketahui tentang polimer?
2. Tuliskan beberapa contoh nama senyawa makromolekul yang Anda ketahui.
3. Tuliskan beberapa contoh produk sehari-hari yang mengandung suatu makromolekul.

### Anda Harus Ingat

Polimer tersusun atas molekul yang lebih kecil yang disebut monomer.

#### You Must Remember

Polymer consists of smaller molecules, called monomer.

## A Polimer

Apakah polimer itu? Istilah polimer diambil dari bahasa Yunani (*poly* = banyak; *meros* = unit). Dengan kata lain, senyawa polimer dapat diartikan sebagai senyawa besar yang terbentuk dari penggabungan unit-unit molekul kecil yang disebut *monomer* (*mono* = satu). Jumlah monomer yang bergabung dapat mencapai puluhan ribu sehingga massa molekul relatifnya bisa mencapai ratusan ribu, bahkan jutaan. Itulah sebabnya mengapa polimer disebut juga makromolekul. Dapatkah Anda menyebutkan contoh-contoh senyawa yang merupakan polimer? Bagaimana cara mengelompokkan senyawa-senyawa polimer tersebut? Mari, menyelidikinya dengan melakukan kegiatan berikut.

### Selidikilah 7.1

#### Kimia Polimer

##### Tujuan

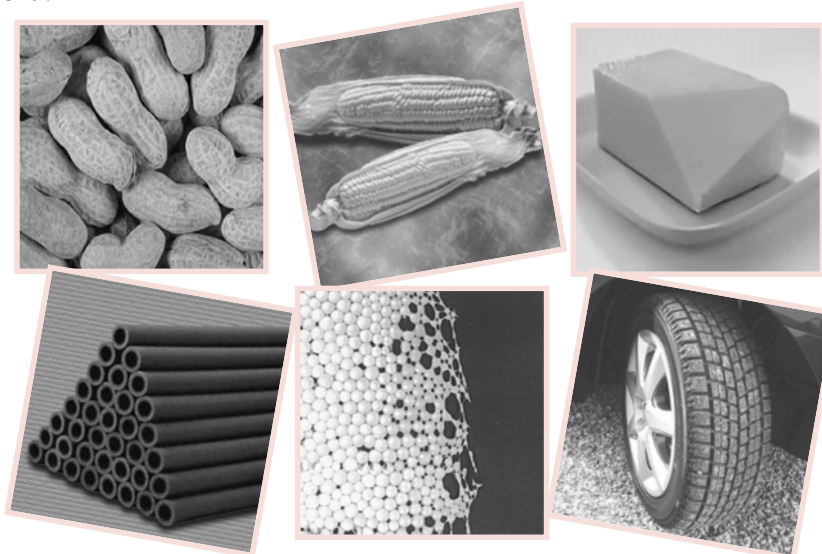
Mengelompokkan polimer alam dan polimer buatan

##### Alat dan Bahan

Contoh-contoh polimer

##### Langkah Kerja

1. Gambar berikut merupakan contoh-contoh senyawa polimer. Amati dengan teliti.



Sumber: [www.arla.se](http://www.arla.se); [bahasajepun.com](http://bahasajepun.com); [aged.ces.uga.edu](http://aged.ces.uga.edu); [background](http://background.); [www.emeraldplastics.com](http://www.emeraldplastics.com); [www.john1701a.com](http://www.john1701a.com)

2. Carilah informasi mengenai nama kimia polimer-polimer tersebut, kemudian kelompokkan berdasarkan asalnya (alami atau buatan).

##### Jawablah pertanyaan berikut untuk menarik kesimpulan.

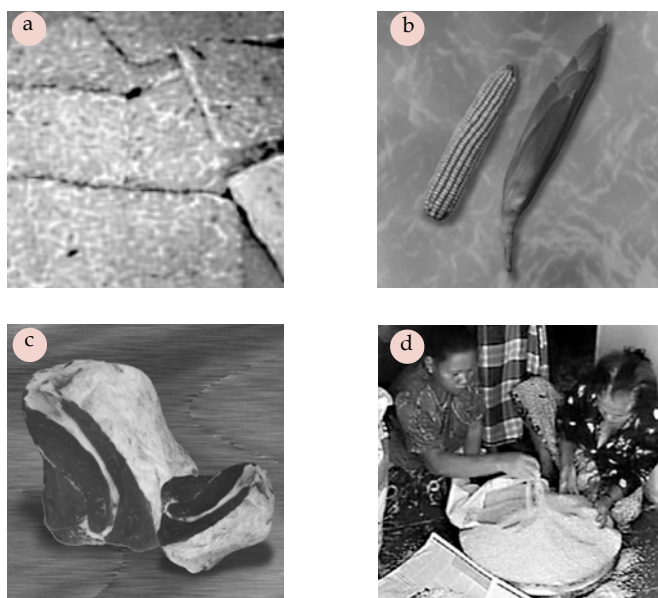
1. Bagaimanakah cara mengelompokkan polimer?
2. Apakah perbedaan antara polimer alami dan polimer buatan?

Diskusikan hasil yang Anda peroleh dengan teman Anda.

Bandingkanlah hasil penyelidikan Anda dengan penjelasan berikut.

Polimer dapat dikelompokkan berdasarkan asalnya, yaitu polimer alami dan polimer buatan. Tuhan telah menciptakan polimer alami yang dapat langsung Anda temukan di alam, seperti beras, jagung, dan kapas. Bahan-bahan tersebut merupakan polimer alami yang mengandung karbohidrat, daging mengandung protein dan lemak, sedangkan sutra mengandung protein.





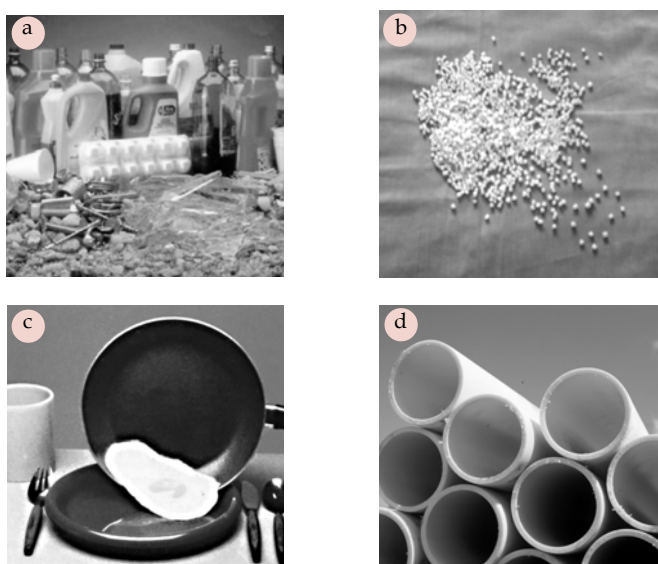
Sumber: [www.chm.bris.ac.uk](http://www.chm.bris.ac.uk); [www.purbalingga.go.id](http://www.purbalingga.go.id); [www.ptspaa.com](http://www.ptspaa.com); Dokumentasi Penerbit.

**Gambar 7.1**

Beberapa contoh polimer alami:

- (a) tempe mengandung protein;
- (b) jagung mengandung karbohidrat;
- (c) daging mengandung protein dan lemak; dan
- (d) beras mengandung karbohidrat.

Adapun polimer buatan dibuat di laboratorium kimia dengan cara mencampurkan beberapa zat kimia dengan perlakuan khusus. Adapun contoh-contoh polimer buatan dapat Anda amati pada gambar berikut.



Sumber: [www.rtrtviro.com](http://www.rtrtviro.com); [www.solvay.com](http://www.solvay.com); Chemistry (Chang), 2002; [www.gallery.hd](http://www.gallery.hd)

**Gambar 7.2**

Beberapa contoh polimer buatan:

- (a) botol-botol plastik PE dan PET;
- (b) biji-biji bahan plastik (PS);
- (c) teflon pada alat penggorengan (PTFE); dan
- (d) pipa saluran air (PVC).

Dapatkan Anda sebutkan contoh polimer buatan lainnya?

Ada beberapa jenis polimer buatan, di antaranya polietena (PE), polietilentereftalat (PET), polivinilklorida (PVC), polipropilena (PP), polistirena (PS), poliamida (nilon), teflon (PTFE), dan karet sintetik.

## Soal Penguasaan Materi 7.1

Kerjakanlah di dalam buku latihan Anda.

1. Tuliskanlah perbedaan polimer alami dan polimer buatan.
2. Tuliskanlah contoh-contoh polimer alami beserta monomernya.
3. Tuliskanlah contoh-contoh polimer buatan beserta monomernya.

## B Pembuatan Polimer

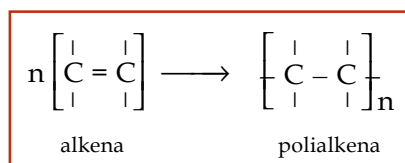
Reaksi pembentukan polimer disebut reaksi polimerisasi. Berdasarkan jenis monomernya, ada dua cara pembentukan polimer, yaitu cara adisi dan kondensasi. Apakah perbedaan antara kedua cara ini? Pelajarilah uraian berikut.

### Kata Kunci

- Polimer
- Polimerisasi

### 1. Reaksi Polimerisasi Adisi

Pada reaksi polimerisasi ini, monomernya merupakan senyawa alkena, yaitu hidrokarbon takjenuh yang berikatan rangkap dua. Reaksi polimerisasi adisi dari alkena membentuk polialkena. Secara umum, reaksi polimerisasi adisi dapat dirumuskan sebagai berikut.



Polimer-polimer yang terbentuk melalui reaksi polimerisasi adisi antara lain polietena (PE), polivinil klorida (PVC), karet alam, teflon, dan polipropena. Bagaimanakah persamaan reaksinya? Perhatikan tabel berikut.

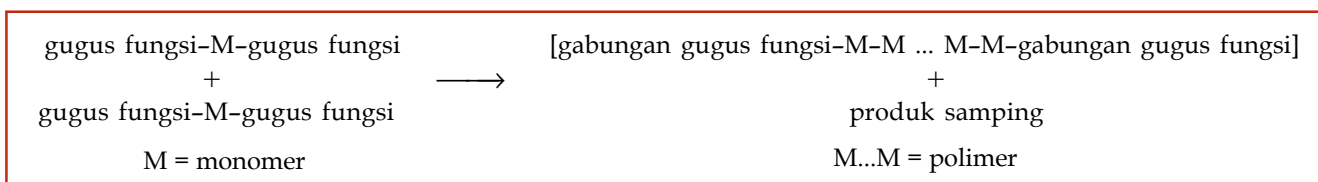
**Tabel 7.1** Reaksi Polimerisasi Adisi Beberapa Senyawa

Monomer	Polimer	Persamaan Reaksi
Etena	Polietena	$n\text{CH}_2 = \text{CH}_2 \rightarrow \left[ \text{CH}_2 - \text{CH}_2 \right]_n$
Vinil klorida	Polivinil klorida	$n\text{CH}_2 = \text{CHCl} \rightarrow \left[ \text{CH}_2 - \text{CHCl} \right]_n$
Tetrafluoroetilena	Politetrafluoroetilena (teflon)	$n\text{CF}_2 = \text{CF}_2 \rightarrow \left[ \text{CF}_2 - \text{CF}_2 \right]_n$
Isoprena	Poliisoprena (karet alam)	$n\text{CH}_2 = \underset{\text{CH}_3}{\text{C}} - \text{CH} = \text{CH}_2 \rightarrow \left[ \text{CH}_2 - \underset{\text{CH}_3}{\text{C}} - \text{CH} - \text{CH}_2 \right]_n$
Propena	Polipropena	$n\text{CH}_3 = \text{CH} - \text{CH}_3 \rightarrow \left[ \text{CH}_2 - \underset{\text{CH}_3}{\text{CH}} \right]_n$

### 2. Reaksi Polimerisasi Kondensasi

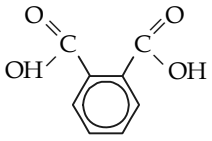
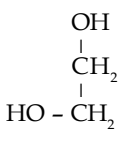
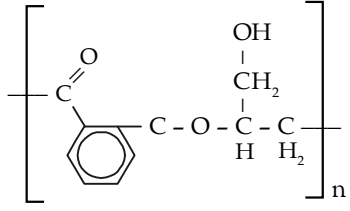
Ciri khas reaksi polimerisasi kondensasi adalah monomernya mengandung gugus fungsi dan dihasilkannya produk samping, seperti  $\text{H}_2\text{O}$ ,  $\text{HCl}$ ,  $\text{NH}_3$ , dan  $\text{CH}_3\text{COOH}$ . Produk samping ini merupakan gabungan dari gugus fungsi setiap monomer.

Secara umum, reaksi polimerisasi kondensasi dituliskan sebagai berikut.



Senyawa yang terbentuk melalui reaksi polimerisasi kondensasi, di antaranya protein, nilon, dan plastik polietilentereftalat (PET). Perhatikanlah tabel berikut untuk mengetahui reaksi polimerisasi senyawa-senyawa tersebut.

**Tabel 7.2** Reaksi Polimerisasi Kondensasi Beberapa Senyawa

Senyawa	Monomer 1	Monomer 2	Polimer yang Terbentuk	Hasil Samping
Protein	$\text{H}_2\text{N}-\underset{\text{R}_1}{\underset{ }{\text{C}}}-\overset{\text{O}}{\underset{  }{\text{C}}}-\text{OH}$	$\text{H}_2\text{N}-\underset{\text{R}_2}{\underset{ }{\text{C}}}-\overset{\text{O}}{\underset{  }{\text{C}}}-\text{OH}$	$\left[ \text{N}-\underset{\text{H}}{\underset{ }{\text{C}}}-\overset{\text{O}}{\underset{  }{\text{C}}}-\text{N}-\underset{\text{H}}{\underset{ }{\text{C}}}-\overset{\text{O}}{\underset{  }{\text{C}}} \right]_n$	H <sub>2</sub> O
Nilon	$n(\text{HO}-\overset{\text{O}}{\underset{  }{\text{C}}}-(\text{CH}_2)_4-\overset{\text{O}}{\underset{  }{\text{C}}}-\text{OH})$	$\text{H}_2\text{N}-(\text{CH}_2)_6-\text{NH}_2$	$\left[ \text{O}-\text{C}-(\text{CH}_2)_4-\overset{\text{O}}{\underset{  }{\text{C}}}-\underset{\text{H}}{\underset{ }{\text{N}}}-(\text{NH}_2)_4-\underset{\text{H}}{\underset{ }{\text{N}}} \right]_n$	H <sub>2</sub> O
PET				H <sub>2</sub> O

## Soal Penguasaan Materi 7.2

Kerjakanlah di dalam buku latihan Anda.

1. Bagaimanakah rumus umum reaksi polimerisasi adisi? Tuliskan contohnya.
2. Bagaimanakah rumus umum reaksi polimerisasi kondensasi? Tuliskan contohnya.
3. Tuliskanlah contoh senyawa yang terbentuk dengan cara polimerisasi adisi.

## C Karbohidrat

Karbohidrat merupakan contoh polimer alami. Karbohidrat berasal dari tumbuh-tumbuhan dan terdiri atas unsur C, H, dan O dengan rumus molekul C<sub>n</sub>(H<sub>2</sub>O)<sub>n</sub>. Istilah karbohidrat diambil dari kata **karbon** dan **hidrat** (air). Selain itu, karbohidrat juga dikenal dengan nama **sakarida** (*Saccharum* = gula). Senyawa karbohidrat mudah ditemukan di dalam kehidupan sehari-hari, misalnya di dalam gula pasir, buah-buahan, gula tebu, air susu, beras, jagung, gandum, ubi jalar, kentang, singkong, dan kapas. Apakah yang membedakan bahan-bahan tersebut? Berdasarkan jumlah sakarida yang dikandungnya, karbohidrat dapat digolongkan menjadi monosakarida, disakarida, dan polisakarida. Gula pasir dan buah-buahan mengandung monosakarida, gula tebu dan air susu mengandung disakarida, sedangkan beras, jagung, gandum, ubi jalar, kentang, singkong, dan kapas mengandung polisakarida.

### 1. Monosakarida

Monosakarida adalah karbohidrat yang paling sederhana karena hanya terdiri atas satu unit sakarida. Suatu monosakarida mengandung gugus karbonil dan hidroksil. Bagaimanakah cara menggolongkan monosakarida? Mari, menyelidikinya dengan melakukan kegiatan berikut.

### Kupas

#### Tuntas

Karbohidrat merupakan sumber energi bagi manusia. Dalam tubuh, karbohidrat diubah menjadi ....

- A. disakarida
- B. glukosa
- C. protein
- D. galaktosa
- E. fruktosa

#### Pembahasan

Jika karbohidrat yang dimaksud adalah polisakarida seperti amilum atau glikogen, maka hasil perubahannya (hasil hidrolisisnya) adalah glukosa. Jadi, dalam tubuh, karbohidrat diubah menjadi (B) glukosa.

SPMB 2002



## Selidikilah 7.2

### Penggolongan Monosakarida

#### Tujuan

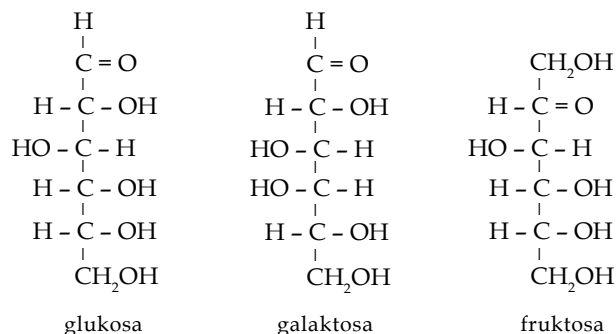
Menyelidiki penggolongan monosakarida

#### Alat dan Bahan

Struktur senyawa monosakarida

#### Langkah Kerja

1. Amati dengan teliti beberapa struktur monosakarida berikut.



2. Amati posisi gugus karbonil setiap senyawa.

Jawablah pertanyaan berikut untuk menarik kesimpulan.

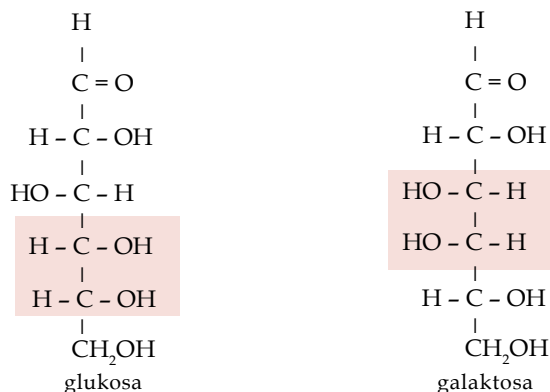
1. Bagaimanakah posisi gugus karbonil pada setiap senyawa?
2. Disebut apakah monosakarida yang gugus karbonilnya berada di ujung?
3. Disebut apakah monosakarida yang gugus karbonilnya tidak berada di ujung?
4. Bagaimanakah rumus struktur dari monosakarida?

Diskusikan hasil yang Anda peroleh dengan teman Anda.

Bandingkanlah hasil penyelidikan Anda dengan penjelasan berikut.

Suatu monosakarida memiliki dua gugus fungsi, yaitu gugus karbonil ( $\text{C}=\text{O}$ ) dan gugus hidroksil ( $-\text{OH}$ ). Monosakarida dapat dikelompokkan berdasarkan letak gugus karbonilnya. Jika letak gugus karbonil di ujung, berarti monosakaridanya digolongkan ke dalam golongan **aldosa**. Disebut aldosa karena gugus karbonil yang berada di ujung membentuk gugus aldehyd. Jika gugus karbonil terletak di antara alkil, berarti gugus fungsional digolongkan sebagai golongan **ketosa**. Disebut ketosa karena gugus karbonilnya membentuk gugus keton. Jenis monosakarida yang tergolong aldosa adalah glukosa dan galaktosa, sedangkan yang tergolong ketosa adalah fruktosa.

Pada glukosa, posisi  $-\text{OH}$  yang sama adalah pada C ke-4 dan ke-5, sedangkan pada galaktosa posisi  $-\text{OH}$  yang sama adalah pada C ke-3 dan ke-4.



### Kupas

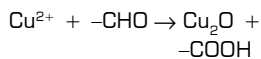
### Tuntas

Suatu senyawa dapat memberi endapan  $\text{Cu}_2\text{O}$  dengan pereaksi Fehling, tetapi tidak dapat mengubah warna iodium menjadi biru dan zat tersebut jika dihidrolisis dapat menghasilkan dua macam monosakarida yang berlainan. Zat tersebut adalah ....

- A. maltosa
- B. laktosa
- C. fruktosa
- D. glukosa
- E. amilum

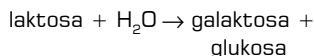
#### Pembahasan

Pereaksi Fehling ( $\text{Cu}^{2+}$  dan  $\text{OH}^-$ ) biasa digunakan untuk mengetahui adanya gugus aldehid ( $-\text{CHO}$ ) dalam senyawa karbon. Jika senyawa karbon yang mengandung gugus aldehid ditetesi pereaksi Fehling maka akan membentuk endapan merah bata  $\text{Cu}_2\text{O}$ , sebab  $\text{Cu}^{2+}$  akan direduksi oleh  $-\text{CHO}$ , secara sederhana reaksinya dapat ditulis:



Reaksi hidrolisisnya adalah  
 $\text{maltosa} + \text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{glukosa} + \text{glukosa}$

(1 macam monosakarida)

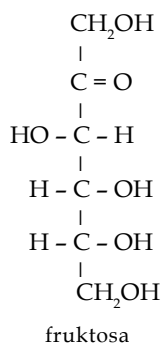


(2 macam monosakarida)

Jadi, zat tersebut adalah (B) laktosa.

UN 2003

Bagaimanakah dengan fruktosa? Fruktosa memiliki gugus karbonil yang terletak di antara alkil, posisi -OH yang sama adalah pada C ke-4 dan ke-5. Perhatikanlah gambar berikut.



Monosakarida banyak ditemukan di alam. Tahukah Anda, bahan-bahan apa saja yang mengandung monosakarida? Glukosa banyak terdapat di dalam buah-buahan yang sudah masak atau matang, terutama buah anggur. Darah manusia juga mengandung glukosa sehingga glukosa biasa disebut gula darah. Fruktosa sering ditemukan dalam bentuk campuran dengan glukosa. Fruktosa banyak terkandung di dalam buah-buahan dan madu.

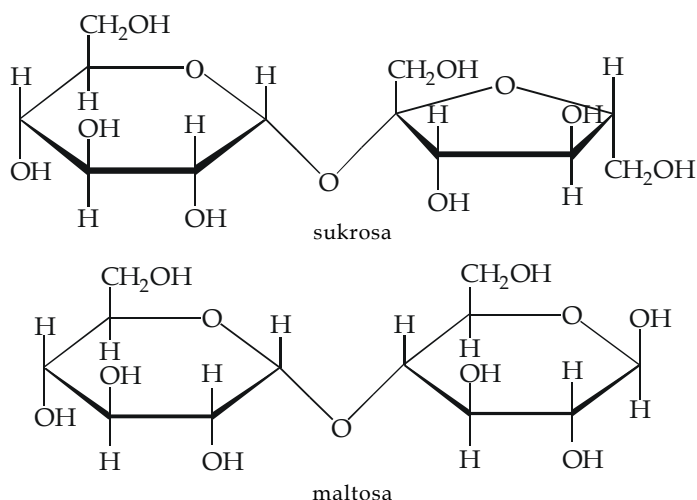
## 2. Disakarida dan Polisakarida

Anda telah mengetahui bahwa karbohidrat dapat dikelompokkan menjadi monosakarida, disakarida, dan polisakarida. Disakarida tersusun atas dua monosakarida, sedangkan polisakarida tersusun atas lebih dari dua monosakarida. Agar lebih jelas, perhatikanlah tabel berikut.

Tabel 7.3 Disakarida dan Monosakarida

Nama Disakarida	Kandungan Monosakarida
Sukrosa	Glukosa dan fruktosa
Maltosa	Glukosa dan glukosa
Laktosa	Glukosa dan galaktosa

Dua monosakarida dapat membentuk disakarida melalui **ikatan glikosida**. Ikatan ini menghubungkan antarmonosakarida. Perhatikanlah gambar berikut.



### Kupas Tuntas

Dalam urine penderita penyakit diabetes dapat diidentifikasi adanya senyawa ....

- A. sukrosa
- B. fruktosa
- C. galaktosa
- D. glukosa
- E. maltosa

#### Pembahasan

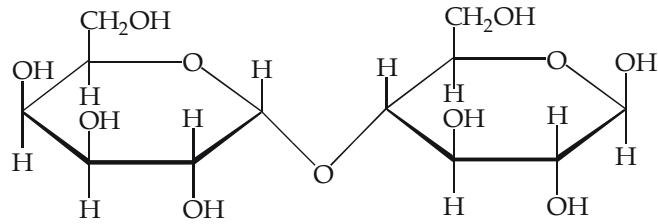
Penyakit diabetes (kencing manis) disebabkan oleh tingginya kadar glukosa dalam darah.

Jadi, dalam urine penderita penyakit diabetes dapat diidentifikasi adanya senyawa (D) glukosa.

UMPTN 1996

### Tantangan Kimia

Banyak makanan yang mengandung karbohidrat. Tuliskanlah contoh-contoh makanan yang mengandung monosakarida, disakarida, dan polisakarida. Diskusikanlah dengan teman Anda.

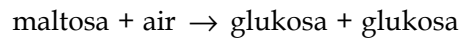
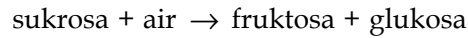


laktosa

## Kata Kunci

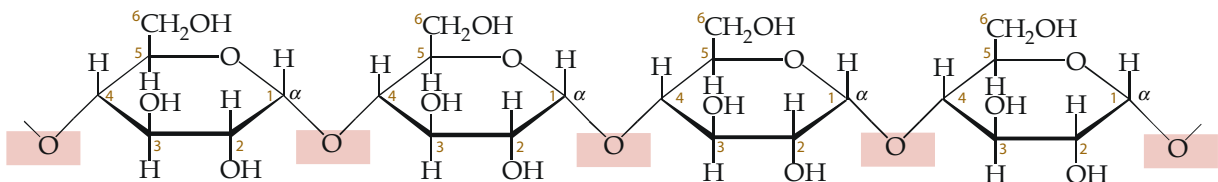
- Ikatan glikosida
- Karbohidrat
- Sakarida

Suatu disakarida dapat terurai menjadi monosakarida (penyusunnya) melalui reaksi hidrolisis. Perhatikan persamaan reaksi berikut.

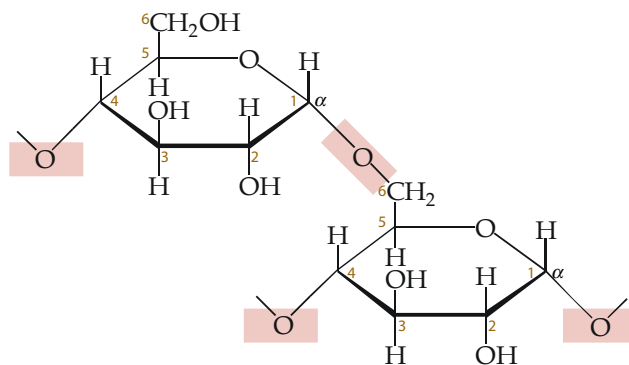


Berbeda dengan disakarida, jumlah monosakarida yang dikandung polisakarida lebih banyak. Di antara monosakarida tersebut dihubungkan oleh ikatan glikosida. Contoh polisakarida antara lain amilum (pati), glikogen, dan selulosa.

Pati mengandung dua jenis polimer glukosa, amilosa dan amilopektin. Amilosa terdiri atas rantai unit-unit D-glukosa yang panjang dan tidak bercabang, digabungkan oleh ikatan  $\alpha$  (1  $\rightarrow$  4). Rantai ini beragam dalam berat molekulnya, dari beberapa ribu sampai dengan 500.000. Amilopektin juga memiliki berat molekul yang tinggi, tetapi strukturnya bercabang tinggi. Ikatan glikosida yang menggabungkan residu glukosa yang berdekatan di dalam rantai amilopektin adalah  $\alpha$  (1  $\rightarrow$  4), tetapi titik percabangan amilopektin merupakan ikatan  $\alpha$  (1  $\rightarrow$  6).



amilosa



amilopektin



## Soal Penguasaan Materi 7.3

Kerjakanlah di dalam buku latihan Anda.

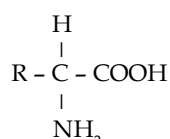
1. Apakah perbedaan antara monosakarida, disakarida, dan polisakarida?
2. Bagaimanakah cara menggolongkan monosakarida?
3. Apakah yang dihasilkan dari reaksi hidrolisis disakarida?

## D Protein

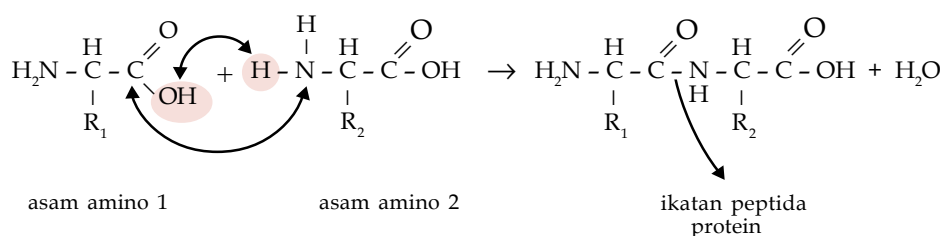
Istilah protein diambil dari bahasa Yunani, *proteios* (pertama atau utama). Protein tersusun atas beberapa asam amino. Asam amino sendiri adalah senyawa turunan asam karboksilat yang mengandung gugus amina ( $-\text{NH}_2$ ).

### 1. Pengertian dan Struktur Protein

Asam amino merupakan turunan karboksilat, mengandung gugus karboksil ( $-\text{COOH}$ ) dan gugus amina. Berikut ini struktur umum asam amino.



Antarasam amino dapat bergabung membentuk protein. Ikatan yang menghubungkan antarasam amino disebut **ikatan peptida**. Perhatikanlah pembentukan protein dari asam amino berikut.



### Anda Harus

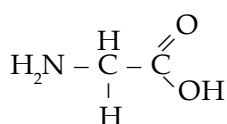
#### Ingat

Secara kimiawi, semua protein adalah mirip, tersusun atas unit-unit dasar penyusunnya, yang dinamakan asam amino.

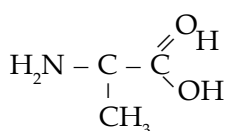
#### You Must Remember

All proteins are chemically similar; consist of the same basic building blocks, called amino acids.

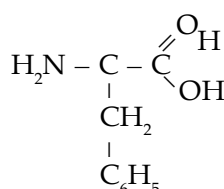
Tahukah Anda contoh-contoh asam amino beserta strukturnya? Perhatikanlah gambar berikut.



glisin (gli)



alanin (ala)

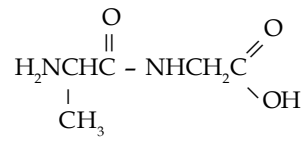


fenilalanin (phe)

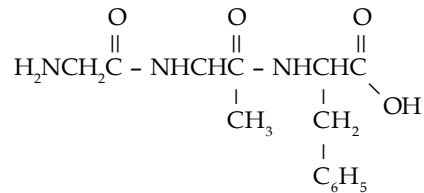
Protein apakah yang dapat dihasilkan dari asam-asam amino tersebut? Jumlah asam amino yang terkandung dalam protein dapat dua, tiga, atau lebih dari tiga. Protein yang tersusun atas dua asam amino disebut dipeptida.



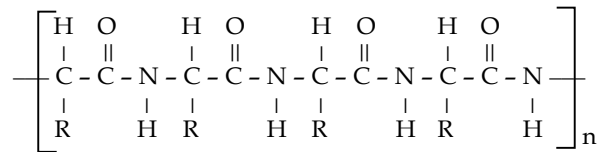
Protein yang tersusun atas tiga asam amino disebut tripeptida. Adapun protein yang tersusun atas lebih dari tiga asam amino disebut polipeptida. Perhatikanlah gambar berikut.



alaninlisin (gli-ala)  
merupakan contoh dipeptida

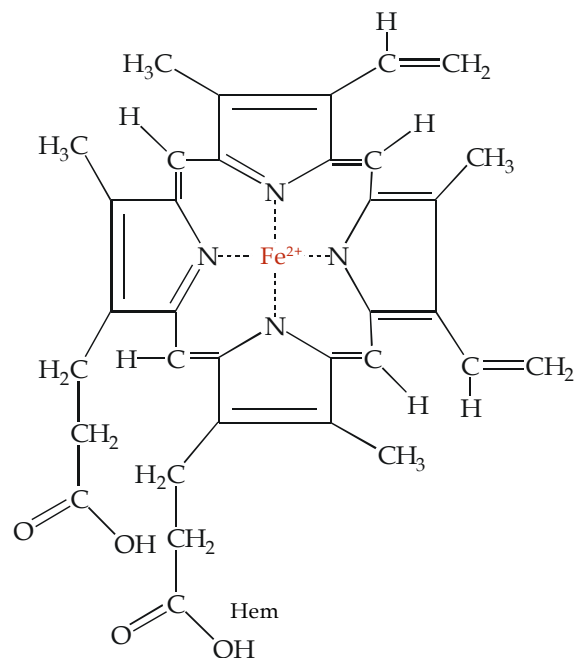
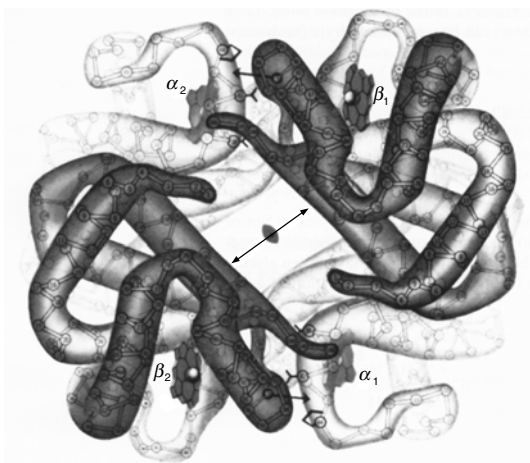


glisilalanilfenilalanin (gli-ala-pen)  
merupakan contoh tripeptida



struktur dari suatu polipeptida

Hemoglobin tersusun atas empat polipeptida yaitu dua pasang unit  $\alpha$  dan  $\beta$  serta satu molekul hem. Molekul hem yaitu senyawa organik yang menyebabkan darah berwarna merah. Berikut ini adalah struktur molekul hemoglobin.



Sumber: Chemistry: Matter and Its Changes, 2004

**Gambar 7.3**

Struktur molekul hemoglobin

## 2. Pengujian Protein

Protein dapat ditemukan di dalam makanan. Tahukah Anda, bagaimana cara menguji protein di dalam makanan? Mari, menyelidikinya dengan melakukan kegiatan berikut.

### Selidikilah 7.3

#### Identifikasi Protein

##### Tujuan

Mengidentifikasi adanya protein dalam putih telur

##### Alat dan Bahan

1. Tabung reaksi
2. Gelas ukur
3. Pipet tetes
4. Lampu spiritus
5. Penjepit tabung reaksi
6. Larutan putih telur (albumin)
7. Larutan NaOH 2 M
8. Larutan  $\text{CuSO}_4$  0,1 M
9. Larutan  $\text{HNO}_3$  2 M

Sebelum memulai percobaan carilah informasi mengenai senyawa yang akan digunakan, meliputi sifat kimia senyawa, cara penggunaan, dan penanganannya.

##### Langkah Kerja

1. Siapkan 2 buah tabung reaksi.
2. Isi tabung reaksi 1 dengan sekitar 2 mL putih telur.
3. Tambahkan 2 mL larutan NaOH 2 M. Kocok hingga rata.
4. Setelah itu, tuangkan 10 tetes larutan  $\text{CuSO}_4$  0,1 M.
5. Amati perubahan yang terjadi.
6. Isi tabung reaksi 2 dengan sekitar 2 mL putih telur.
7. Lalu, tambahkan 2 mL larutan  $\text{HNO}_3$  2 M, kocok dan amati perubahannya.
8. Panaskan dengan nyala api kecil, kemudian dinginkan. Setelah dingin, tambahkan 5 mL larutan NaOH 2 M.
9. Amati perubahan yang terjadi.

##### Jawablah pertanyaan berikut untuk menarik kesimpulan.

1. Perubahan apakah yang terjadi pada langkah no. 2-5?
2. Perubahan apakah yang terjadi pada langkah no. 6-9?
3. Kesimpulan apakah yang dapat Anda peroleh?

*Kerjakanlah secara berkelompok dan diskusikanlah hasil yang Anda peroleh.*

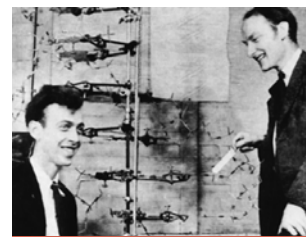
Bandingkanlah hasil penyelidikan Anda dengan penjelasan berikut.

Salah satu cara menguji adanya protein dalam makanan adalah dengan cara uji biuret. Uji ini dapat digunakan untuk menguji senyawa-senyawa yang memiliki ikatan peptida. Itulah sebabnya uji biuret dapat digunakan untuk mengetahui ada tidaknya protein di dalam makanan. Adanya protein ditandai dengan terbentuknya warna ungu.

Uji lainnya yang biasa digunakan adalah uji xantoprotein. Pengujian ini dapat digunakan untuk menguji asam amino yang mengandung cincin benzena. Misalnya, tirosin dan fenilalanin. Penambahan asam nitrat pekat akan menimbulkan proses nitrasi pada cincin benzena sehingga terbentuk endapan putih. Perubahan warna putih menjadi kuning pada saat dipanaskan merupakan ciri adanya protein dalam makanan.

### Legenda

#### Kimia



**James Watson (1928– )** dan **Francis Crick (1916–2004)** menemukan satu tanda penting untuk membuka rahasia materi hayati yakni struktur DNA (asam deoksiribonukleat) pada 1953. Zat ini, yang ditemukan dalam sel-sel hidup, mewariskan "informasi" genetik dari induk keturunannya. DNA memiliki dua rantai atom yang berhubungan dalam bentuk heliks ganda (seperti tangga spiral). Urutan basa pada struktur DNA menunjukkan "pesan" genetik.

Sumber: *Jendela Iptek, "Materi", 1997*



## Buktikanlah oleh Anda

Carilah informasi melalui perpustakaan atau media internet mengenai uji xantoprotein. Kemudian, lakukan uji tersebut pada makanan yang mengandung protein. Buatlah laporan dari kegiatan ini dan presentasikanlah hasilnya.

Kerjakanlah secara berkelompok dan presentasikan hasil yang diperoleh di depan kelas.

## Soal Penguasaan Materi 7.4

Kerjakanlah di dalam buku latihan Anda.

1. Apakah perbedaan dan persamaan antara asam amino dan protein?
2. Tuliskan contoh-contoh dipeptida, tripeptida, dan polipeptida.
3. Bagaimanakah cara menguji adanya protein dalam makanan? Jelaskan.

## E Plastik

Plastik merupakan polimer buatan yang banyak dimanfaatkan di dalam kehidupan sehari-hari. Namun, di balik manfaatnya yang banyak, plastik juga ternyata menimbulkan dampak terhadap kesehatan dan lingkungan. Apa saja manfaat dan dampak penggunaan plastik? Pelajarilah tabel berikut.

### Fakta

#### Kimia

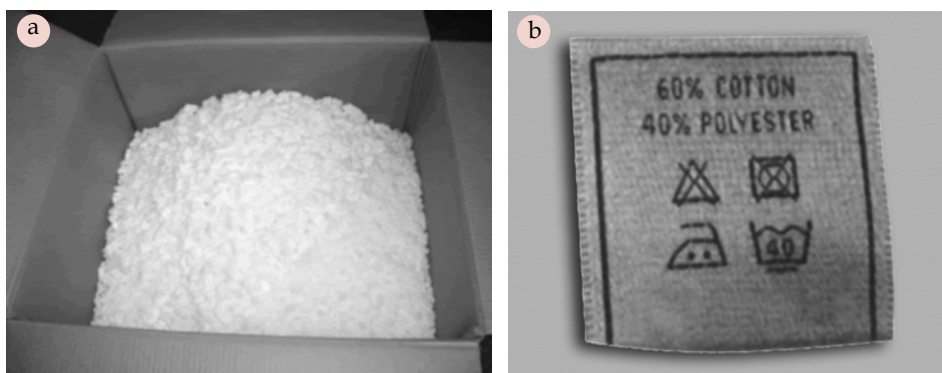
##### Merancang Molekul Plastik

Pada pertengahan abad-19, para kimiawan mulai menggunakan pengetahuan baru mereka tentang molekul organik untuk menghasilkan bahan-bahan baru dengan sifat-sifatnya yang berharga. Plastik ditemukan oleh **Leo Bakeland** (1863–1944) pada 1909. Plastik adalah molekul-molekul besar (polimer) yang memiliki ribuan gugus atom yang sama dan membentuk ikatan. Plastik ini dibuat melalui proses polimerisasi dari monomernya dengan suhu dan tekanan tertentu. Plastik tidak mudah terurai sehingga plastik menimbulkan masalah pembuangan limbah sehingga plastik seharusnya didaur ulang untuk efisiensi mengurangi limbah.

Sumber: jendela IPTEK: kimia, 1997

Tabel 7.4 Plastik dan Kegunaannya

Jenis Plastik	Kegunaannya
Polietilentereftalat (PET)	<ul style="list-style-type: none"><li>• Kemasan minuman</li><li>• Bahan pakaian</li></ul>
Polietena/Polietilena (PE)	<ul style="list-style-type: none"><li>• Kantung plastik</li><li>• Pembungkus makanan dan barang</li><li>• Mainan anak-anak</li><li>• Piringan hitam</li></ul>
Polivinil klorida (PVC)	<ul style="list-style-type: none"><li>• Mainan anak-anak</li><li>• Pipa paralon</li><li>• Furniture</li><li>• Piringan hitam</li><li>• Selang plastik</li><li>• Kulit kabel listrik</li></ul>
Polipropilena (PP)	<ul style="list-style-type: none"><li>• Wadah aki kendaraan</li><li>• Sampul keping <i>compact disk</i> (CD)</li><li>• Karung plastik</li><li>• Tali plastik</li></ul>
Politetrafluoroetilena (Teflon)	<ul style="list-style-type: none"><li>• Pelapis alat masak</li><li>• Gagang setrika</li></ul>
Polistirena (PS)	<ul style="list-style-type: none"><li>• Gelas minuman</li><li>• Kemasan makanan siap saji</li><li>• Styrofoam</li><li>• Teflon</li></ul>
Nilon	<ul style="list-style-type: none"><li>• Pakaian</li><li>• Peralatan kemah</li><li>• Tali panjat tebing</li></ul>

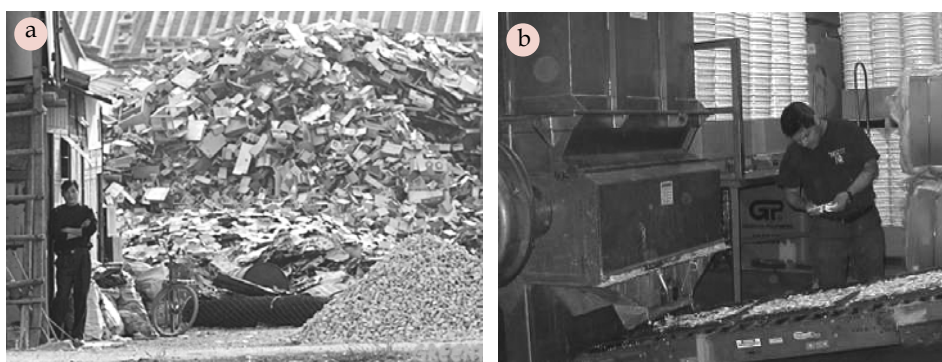


**Gambar 7.4**

- (a) *Styrofoam* (polistirena) sering digunakan sebagai bantalan barang pecah belah.  
(b) Pakaian memakai bahan dari poliester, seperti tertera pada label pakaian.

Sumber: [www.path.cam.ac.uk](http://www.path.cam.ac.uk); *Science in Focus: Chemistry*, 2002

Plastik dapat menimbulkan masalah terhadap lingkungan dan kesehatan. Plastik memiliki sifat sulit diuraikan oleh mikroorganisme. Jika plastik dibuang atau ditimbun ke dalam tanah, plastik akan merusak sifat tanah. Tanah yang mengandung plastik menjadi tidak subur. Selain itu, plastik juga dapat mengganggu kesehatan. Jika dibakar, hasil pembakaran plastik yang berupa dioksin dapat menyebabkan kanker. Untuk menanggulangi masalah sampah plastik ini, upaya yang dilakukan antara lain mendaur ulang dan mencari metode pembuatan plastik yang ramah lingkungan. Bagaimanakah sikap Anda dalam menghadapi masalah limbah plastik?



**Gambar 7.5**

- (a) Limbah plastik yang menumpuk dapat didaur ulang.  
(b) Proses daur ulang plastik dapat mengurangi masalah dampak lingkungan.

Sumber: [www.greenpeace.org](http://www.greenpeace.org); [www.newlifeplastics.com](http://www.newlifeplastics.com)

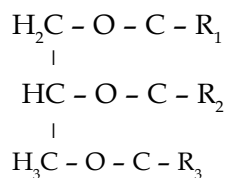
## Soal Penguasaan Materi 7.5

Kerjakanlah di dalam buku latihan Anda.

1. Tuliskanlah dampak plastik terhadap lingkungan dan kesehatan.
2. Tuliskanlah tiga manfaat plastik dalam kehidupan sehari-hari.

## F Lemak dan Minyak

Dalam kehidupan sehari-hari, kita tentu sering mendengar istilah lemak dan minyak. Tahukah Anda, apa persamaan dan perbedaan antara lemak dan minyak? Lemak dan minyak sama-sama merupakan ester dari asam lemak dan gliserol yang disebut trigliserida. Struktur trigliserida memiliki gugus alkil ( $R_1$ ,  $R_2$ ,  $R_3$ ) yang merupakan gugus nonpolar dengan jumlah atom karbon antara 11 sampai dengan 23. Lemak dan minyak memiliki rumus dan struktur umum yang sama.



Anda tentu telah mengenal minyak dan lemak. Bagaimanakah cara membedakan lemak dan minyak? Untuk mengetahui jawabannya, lakukanlah kegiatan berikut.

## Selidikilah 7.4

### Perbedaan Lemak dan Minyak

#### Tujuan

Menyelidiki perbedaan antara lemak dan minyak

#### Alat dan Bahan

1. Termometer
2. Gelas kimia
3. Pemanas
4. Es batu atau lemari es
5. Panci
6. Lemak hewan, seperti sapi atau domba
7. Minyak goreng
8. Mentega/margarin

#### Langkah Kerja

1. Tuangkan minyak goreng ke dalam gelas kimia. Amati wujudnya pada suhu kamar. Diamkan selama beberapa jam, amati kembali wujudnya. Masukkan ke dalam lemari es atau rendam dalam es, amati kembali wujudnya.
2. Masukkan lemak hewan ke dalam gelas kimia. Amati wujudnya pada suhu kamar. Lalu, panaskan hingga mencair. Cairan yang dihasilkan dimasukkan ke dalam gelas kimia. Diamkan selama beberapa jam, amati wujudnya. Masukkan ke dalam lemari es atau rendam dalam es, amati kembali wujudnya.
3. Masukkan mentega atau margarin ke dalam gelas kimia. Amati wujudnya pada suhu kamar. Diamkan selama beberapa jam, amati wujudnya. Masukkan ke dalam lemari es atau rendam dalam es, amati kembali wujudnya.



Sumber: [www.depkes.go.id](http://www.depkes.go.id)

#### Gambar 7.6

Lapisan lemak di bawah kulit anjing laut tidak hanya berfungsi sebagai penyimpan lemak, tetapi juga berfungsi sebagai pakaian untuk insulasi terhadap udara dingin.

#### Jawablah pertanyaan berikut untuk menarik kesimpulan.

1. Bahan apa saja yang pada suhu kamar berwujud padat?
2. Bahan apa saja yang pada suhu kamar berwujud cair?
3. Apa yang terjadi ketika lemak hewan dipanaskan dan didinginkan?
4. Apa yang terjadi ketika mentega dipanaskan dan didinginkan?
5. Apa yang terjadi ketika minyak goreng didinginkan dan dipanaskan?

*Kerjakanlah secara berkelompok dan diskusikanlah hasil yang Anda peroleh.*

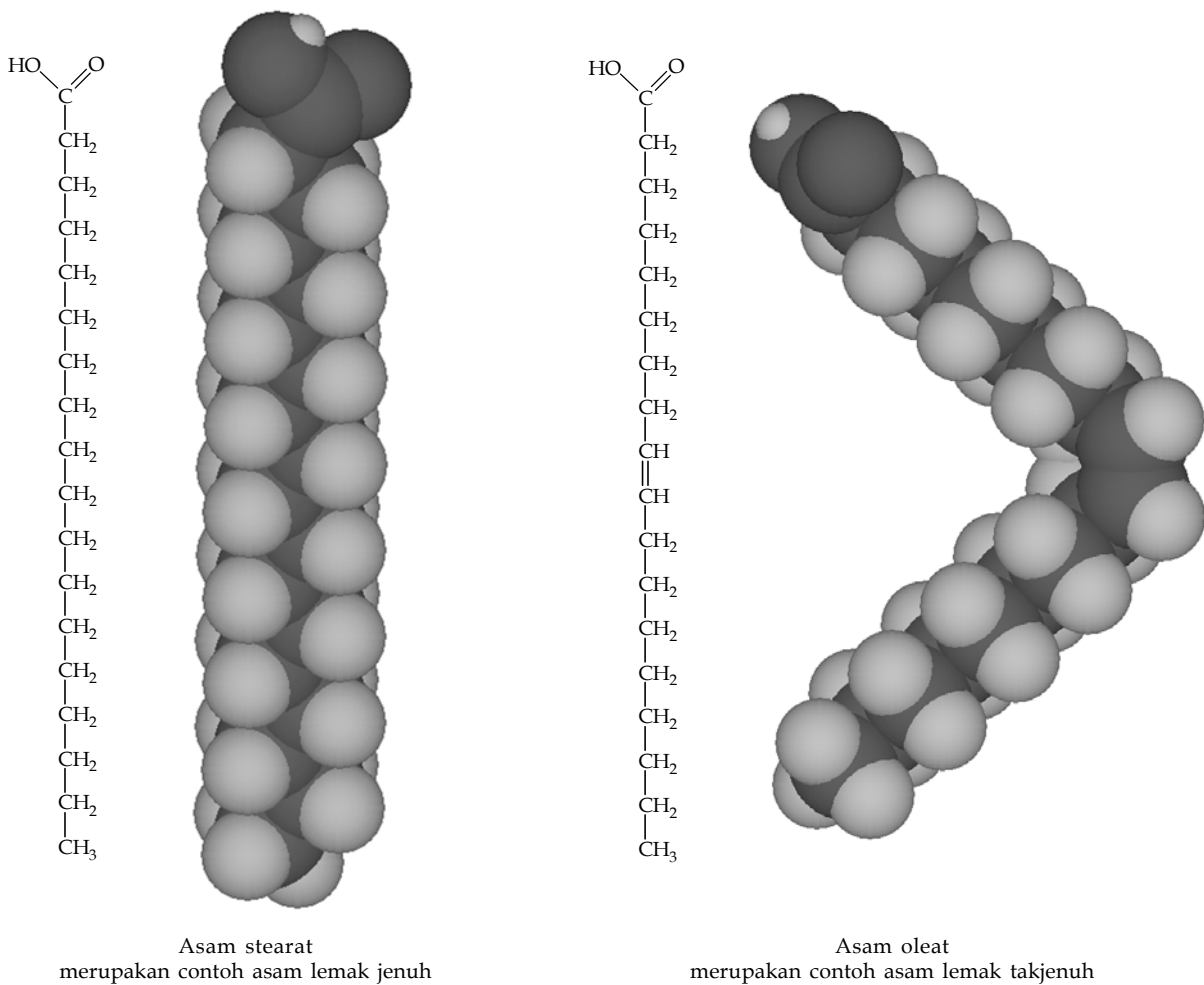
Bandungkanlah hasil penyelidikan Anda dengan penjelasan berikut.

Lemak dan minyak dapat dibedakan dari wujudnya. Pada suhu kamar, lemak berwujud padat, sedangkan minyak berwujud cair. Perbedaan wujud lemak ini dipengaruhi susunan asam lemaknya. Lemak banyak mengandung asam lemak jenuh, sedangkan minyak banyak mengandung asam lemak takjenuh. Apakah yang dimaksud dengan asam lemak jenuh dan asam lemak takjenuh itu? Perhatikanlah **Tabel 7.5** dan contoh struktur molekul asam lemak jenuh dan takjenuh berikut.



Tabel 7.5 Contoh Beberapa Asam Lemak Jenuh dan Takjenuh

Asam Lemak	Rumus Molekul	Sifat
Asam palmitat	$\text{CH}_3(\text{CH}_2)_{14}\text{COOH}$	Asam lemak jenuh
Asam stearat	$\text{CH}_3(\text{CH}_2)_{16}\text{COOH}$	Asam lemak jenuh
Asam oleat	$\text{CH}_3(\text{CH}_2)_7\text{CH}=\text{CH}(\text{CH}_2)_7\text{COOH}$	Asam lemak takjenuh
Asam linoleat	$\text{CH}_3(\text{CH}_2)_4\text{CH}=\text{CHCH}_2\text{CH}=\text{CH}(\text{CH}_2)_7\text{COOH}$	Asam lemak takjenuh



Dari struktur kimia tersebut, kita dapat menyimpulkan bahwa asam lemak jenuh adalah asam lemak yang tidak memiliki ikatan rangkap. Sebaliknya, asam lemak takjenuh adalah asam lemak yang memiliki ikatan rangkap. Ada dua jenis asam lemak takjenuh, yakni asam lemak takjenuh tunggal dan asam lemak takjenuh ganda. Asam lemak takjenuh tunggal biasa disebut omega-9. Penamaan ini disebabkan ikatan rangkapnya terletak pada atom C kesembilan. Anda juga mungkin pernah mendengar istilah omega-3 dan omega-6 pada produk makanan. Kedua nama ini merupakan nama lain dari asam lemak takjenuh ganda yang ikatan rangkapnya terletak pada atom C ketiga dan keenam.

Selain dilihat dari wujudnya, lemak dan minyak juga dapat dibedakan dari asalnya. Pada umumnya, lemak berasal dari hewan, kecuali lemak cokelat. Mentega, margarin, minyak tumbuhan, minyak hewan, susu, dan kacang-





kacangan merupakan contoh bahan yang mengandung lemak. Adapun minyak, pada umumnya berasal dari tumbuhan. Beberapa contoh minyak, di antaranya minyak kelapa, minyak kedelai, dan minyak jagung.



**Gambar 7.7**

Margarin merupakan contoh bahan yang mengandung lemak.

Sumber: *Chemistry for You*, 2001

Bagaimana dengan kelarutan minyak dan lemak, apakah sama? Untuk mengetahuinya, selidikilah melalui kegiatan berikut.

## Selidikilah 7.5

### Kelarutan Lemak dan Minyak

#### Tujuan

Menyelidiki kelarutan lemak dan minyak

#### Alat dan Bahan

1. Gelas kimia
2. Air
3. Kloroform
4. Lemak hewan, seperti sapi atau domba
5. Minyak goreng

Sebelum memulai percobaan carilah informasi mengenai senyawa yang akan digunakan, meliputi sifat kimia senyawa, cara penggunaan, dan penanganannya.

#### Langkah Kerja

1. Tuangkan air ke dalam dua gelas kimia, beri label A dan B.
2. Tuangkan kloroform ke dalam dua gelas kimia, beri label C dan D.
3. Tuangkan minyak goreng ke dalam gelas kimia A dan C, lalu aduk.
4. Tuangkan lemak hewan ke dalam gelas kimia B dan D, lalu aduk.

#### Jawablah pertanyaan berikut untuk menarik kesimpulan.

1. Pelarut manakah yang bersifat polar?
2. Pelarut manakah yang bersifat nonpolar?
3. Bagaimana kelarutan minyak dan lemak dalam kedua pelarut tersebut?

Kerjakanlah secara berkelompok dan diskusikanlah hasil yang Anda peroleh.

Bandingkanlah hasil penyelidikan Anda dengan penjelasan berikut.

Air merupakan pelarut polar, sedangkan kloroform merupakan pelarut nonpolar. Lemak dan minyak sukar larut di dalam air, tetapi mudah larut di dalam pelarut nonpolar.

Dalam kehidupan sehari-hari, lemak dan minyak banyak digunakan di dalam proses pengolahan makanan. Minyak goreng digunakan untuk menggoreng, lemak pada hewan sebagai sumber kalori, sedangkan mentega untuk bahan pembuat kue, roti, dan juga pemberi aroma dan penambah rasa sehingga lebih gurih. Di balik manfaatnya, penggunaan lemak juga dapat membahayakan kesehatan. Asam lemak jenuh dapat meningkatkan jumlah

## Kupas

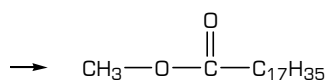
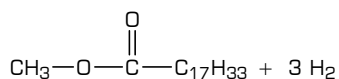
### Tuntas

Pada proses pembuatan margarin, minyak dipadatkan menjadi lemak dengan cara ...

- A. pemanasan
- B. pendinginan
- C. netralisasi
- D. oksidasi
- E. hidrogenasi

#### Pembahasan

Lemak cair (minyak) dapat dipadatkan dengan menjenuhkan ikatan rangkapnya melalui proses reaksi hidrogenasi.



Jadi, ikatan rangkap pada lemak cair dijenuhkan dengan cara (E) hidrogenasi.

UMPTN 1996



kolesterol dalam darah yang berujung pada penyakit jantung koroner dan hipertensi. Untuk itu, gunakanlah minyak yang mengandung asam lemak takjenuh karena tidak meningkatkan kadar kolesterol dalam darah, bahkan dapat menurunkannya.

## Soal Penguasaan Materi 7.6

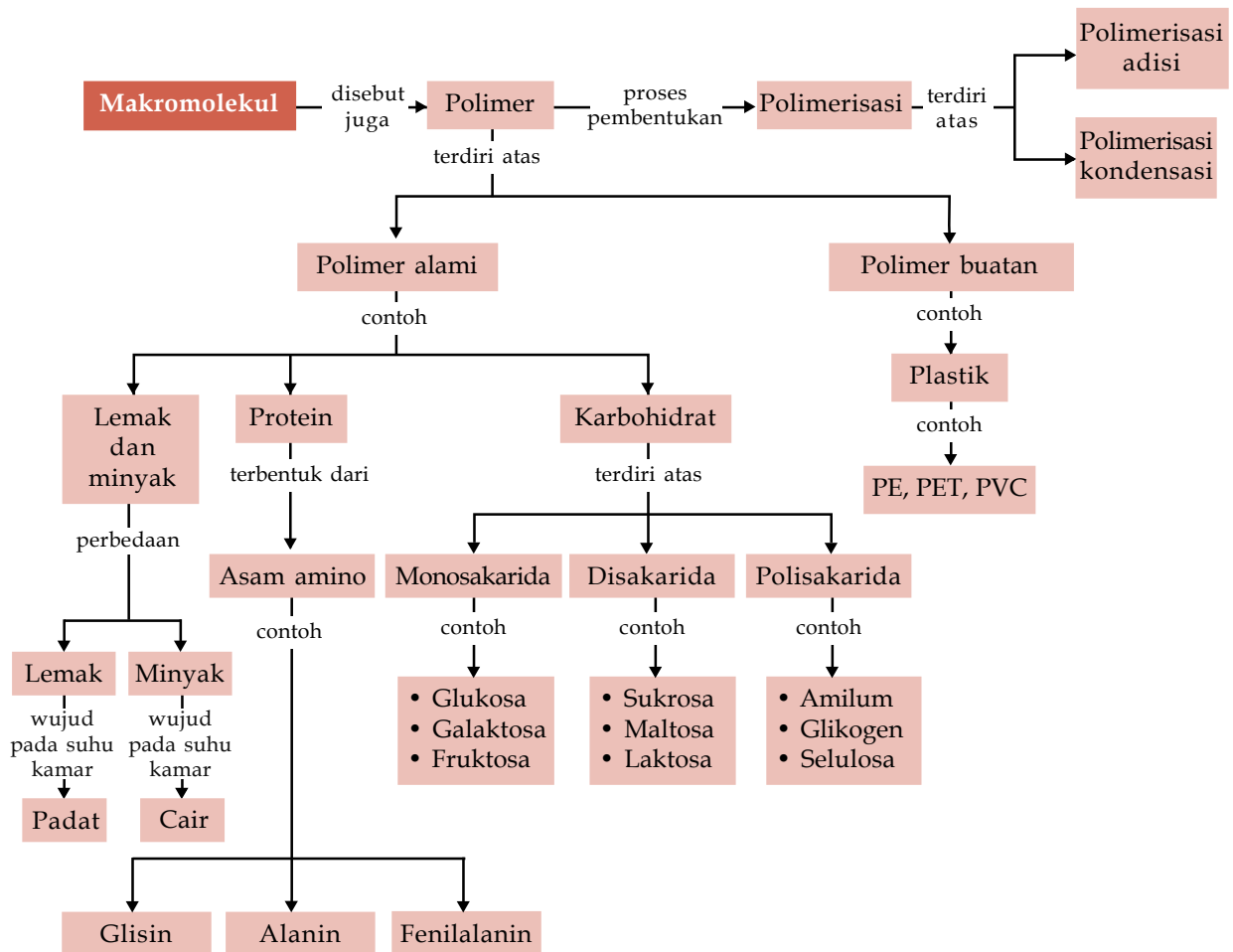
Kerjakanlah di dalam buku latihan Anda.

1. Apakah perbedaan antara lemak dan minyak?
2. Bagaimanakah kelarutan lemak dan minyak?
3. Mengapa mengonsumsi asam lemak takjenuh lebih aman dibandingkan asam lemak jenuh?

## Rangkuman

1. Makromolekul atau polimer adalah senyawa besar yang terbentuk dari penggabungan unit-unit molekul kecil yang disebut monomer.
2. Polimer terbagi atas polimer alami dan polimer buatan. Polimer alami contohnya adalah karbohidrat, protein, dan lemak, sedangkan polimer buatan contohnya plastik.
3. Contoh polimer alami di antaranya sebagai berikut.
  - a. Protein  
Protein tersusun atas beberapa asam amino yang mengandung gugus amina ( $-\text{NH}_2$ ) dan karboksil ( $-\text{COOH}$ ).  
$$\begin{array}{c} \text{R} - \text{CH} - \text{COOH} \\ | \\ \text{NH}_2 \end{array}$$
  - b. Karbohidrat  
Karbohidrat berasal dari tumbuh-tumbuhan dan terdiri atas unsur C, H, dan O dengan rumus molekul  $\text{C}_n(\text{H}_2\text{O})_n$ . Karbohidrat terbagi atas monosakarida, dan polisakarida.
4. Polimer buatan diperoleh dari reaksi polimerisasi adisi dan polimerisasi kondensasi.
  - a. Polimerisasi adisi  
Contoh: polietena (PE), polivinil klorida (PVC), teflon, dan polipropena.
  - b. Polimerisasi kondensasi  
Contoh: nilon, plastik polietilen tereftalat (PET)
5. Lemak dan minyak merupakan ester dari asam lemak dan gliserol yang disebut trigliserida. Lemak dan minyak bersifat nonpolar sehingga tidak larut di dalam air, tetapi larut di dalam pelarut nonpolar. Contoh lemak dan minyak di antaranya minyak goreng, mentega, dan lemak hewan.

# Peta Konsep



## Kaji Diri

Bagaimanakah pendapat Anda setelah mempelajari materi **Makromolekul** ini? Menyenangkan, bukan? Banyak hal yang menarik tentang materi Makromolekul ini. Misalnya, Anda akan mengenal jenis-jenis makromolekul di alam dan di sekitar Anda, serta memahami sifat-sifatnya.

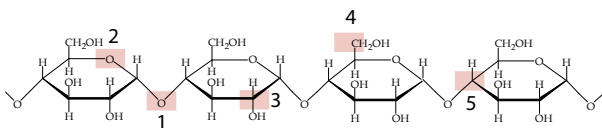
Tujuan Anda mempelajari bab ini adalah agar Anda dapat mendeskripsikan struktur, tata nama, penggolongan, sifat dan kegunaan makromolekul (polimer, karbohidrat, dan

protein), serta mendeskripsikan struktur, tata nama, penggolongan, sifat, dan kegunaan lemak. Apakah Anda dapat mencapai tujuan belajar tersebut? Jika Anda mengalami kesulitan dalam mempelajari materi tertentu kepada bab ini, bertanyalah kepada guru kimia Anda. Anda pun dapat berdiskusi dengan teman-teman untuk memecahkan permasalahan-permasalahan yang berkenaan dengan materi Makromolekul ini. Belajarlah dengan baik. Pastikanlah Anda menguasai materi ini.

## Evaluasi Materi Bab 7

A. Pilihlah salah satu jawaban yang paling tepat dan kerjakanlah pada buku latihan Anda.

- Senyawa yang termasuk polimer buatan adalah ....  
A. poliisoprena  
B. polietilen tereftalat  
C. lemak  
D. protein  
E. karbohidrat
- Di antara polimer berikut yang *tidak* terbentuk melalui polimerisasi adisi adalah ....  
A. teflon  
B. bakelit  
C. polietena  
D. polivinil klorida  
E. polipropena
- Di antara polimer berikut yang dibuat melalui polimerisasi kondensasi adalah ....  
A. PP  
B. PE  
C. PVC  
D. nilon  
E. teflon
- Monomer dari polimer berikut adalah ....  
$$-CH_2-\underset{\substack{| \\ CH_3}}{CH}-CH_2-CH_2-\underset{\substack{| \\ CH_3}}{CH}-CH_2-$$
  
A.  $CH_2=CH-CH_2-CH_2-CH_3$   
B.  $CH_3-CH=CH-CH_3$   
C.  $CH_2=CH-CH_2-CH_3$   
D.  $CH_3-CH_2-CH_2-CH_3$   
E.  $CH_3-CH(CH_3)-CH_3$
- Di antara karbohidrat berikut yang termasuk polisakarida adalah ....  
A. sukrosa  
B. laktosa  
C. glikogen  
D. galaktosa  
E. dekstrin
- Suatu senyawa karbohidrat memiliki gugus karbonil pada atom C nomor 2. Manakah di antara nama berikut yang *tidak* mungkin?  
A. ketopentosa  
B. aldohexosa  
C. fruktosa  
D. ketoheksosa  
E. ketotetrosa
- Hasil hidrolisis dari sukrosa adalah ....  
A. glukosa dan galaktosa  
B. glukosa dan glukosa  
C. fruktosa dan galaktosa  
D. glukosa dan fruktosa  
E. fruktosa dan fruktosa

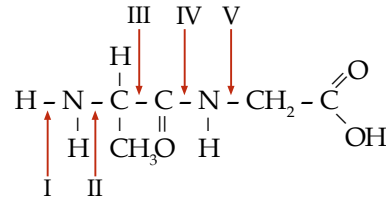


Manakah yang menunjukkan ikatan glikosida?

- 1
- 2
- 3
- 4
- 5

- Ikatan antara atom C dari gugus  $-COOH$  dan atom N dari gugus  $-NH_2$  pada pembentukan protein disebut ikatan ....  
A. glikosida  
B. kovalen  
C. ion  
D. hidrogen  
E. peptida

- Perhatikan struktur protein berikut.

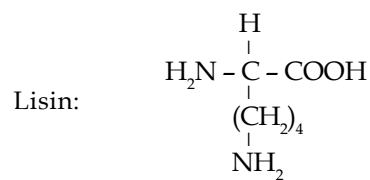
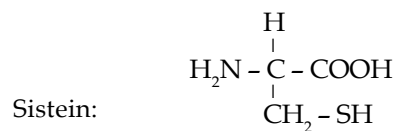
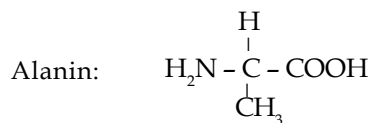
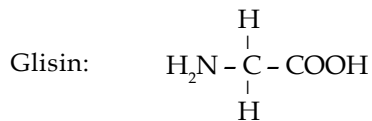


Ikatan yang menunjukkan ikatan peptida adalah nomor ....

- I
  - II
  - III
  - IV
  - V
- Polimer yang bersifat antilengket adalah ....  
A. PVC  
B. nilon  
C. bakelit  
D. polistirena  
E. politetrafluoroetilena
  - Hasil reaksi antara larutan asam propionat dan etanol adalah ....  
A.  $CH_3COOCH_3$   
B.  $C_2H_5COOC_2H_5$   
C.  $C_3H_7COOC_2H_5$   
D.  $C_2H_5COOC_3H_7$   
E.  $C_3H_7COOCH_3$
  - Pasangan polimer manakah yang merupakan polimer sintetik?  
A. polietilena dan amilum  
B. PVC dan nilon  
C. poliester dan amilum  
D. polistirena dan protein  
E. nilon dan DNA
  - Protein adalah suatu makromolekul yang komponen utamanya adalah ....  
A. karbohidrat  
B. hidrokarbon  
C. lipid  
D. asam amino  
E. asam nukleat
  - Senyawa berikut yang merupakan asam lemak takjenuh adalah ....  
A. asam oleat  
B. asam laurat  
C. asam miristat  
D. asam palmitat  
E. asam stearat

**B. Jawablah pertanyaan berikut dengan benar:**

1. Apakah perbedaan antara reaksi polimerisasi adisi dan reaksi polimerisasi kondensasi?
2. Tuliskanlah masing-masing dua contoh polimer alami dan polimer buatan.
3. Bagaimanakah cara membedakan aldosa dan ketosa?
4. Buatlah dua buah dipeptida dan 1 tripeptida dari asam-asam amino berikut, lalu tuliskan namanya.



5. Gambarkanlah struktur sukrosa dan tunjukkan ikatan glikosidanya.

**Soal Tantangan**

1. Kita semua pernah memakan telur sebagai lauk pauk, baik itu telur ayam, itik, angsa maupun telur burung puyuh. Apalagi jika telur itu dimasak secara dadar dan dimakan bareng nasi goreng. Jika diamati, telur dadar yang dimasak kadang terlalu matang sehingga warnanya cokelat tua. Menurut Anda, mengapa warna telur tersebut berubah? Apakah kandungan gizi pada telur tersebut masih baik untuk dikonsumsi?
2. Sekarang ini banyak produsen minyak goreng yang menawarkan minyak goreng dengan berbagai macam manfaat. Salah satu minyak goreng yang ada dipasaran adalah minyak sawit dan minyak kelapa. Menurut Anda, manakah yang lebih baik penggunaannya, apakah minyak sawit atau minyak kelapa?

# Kegiatan Semester 2

## Uji Senyawa Organik dalam Makanan

Berbagai bahan makanan yang kita temui sehari-hari mengandung berbagai senyawa kimia seperti karbohidrat, protein, dan lemak. Pada Kegiatan Semester 2 ini, Anda akan menyelidiki adanya kandungan senyawa-senyawa tersebut di dalam bahan makanan. Berikut langkah-langkah kegiatan yang harus Anda kerjakan.

### A. Alat dan Bahan

1. Tabung reaksi
2. Gelas kimia
3. Pembakar bunsen/spiritus
4. Larutan kanji
5. Putih telur
6. Minyak sayur
7. Larutan iodin
8. Pereaksi Biuret
9. Larutan etanol

### B. Langkah kerja

1. Uji karbohidrat
  - a) Larutkan 1 sendok makan tepung kanji ke dalam 150 mL air di dalam gelas kimia dengan cara diaduk hingga larut.
  - b) Tambahkan 2 tetes larutan iodin dan amati perubahan yang terjadi.
2. Uji protein
  - a) Masukkan putih telur ke dalam tabung reaksi.
  - b) Tambahkan 2 tetes pereaksi Biuret ke dalam tabung reaksi tersebut dan amati perubahan yang terjadi.
3. Uji minyak dan lemak
  - a) Masukkan minyak ke dalam tabung reaksi hingga  $\frac{1}{2}$ -nya.
  - b) Tambahkan 3 tetes etanol ke dalam tabung reaksi tersebut dan amati perubahan yang terjadi.
4. Buatlah tabel pengamatan seperti berikut.

Uji	Sebelum (+) pereaksi	Setelah (+) pereaksi
Karbohidrat		
Protein		
Lemak		

5. Susunlah laporan kegiatan dari hasil eksperimen Anda. Penyusunan laporan meliputi:
  - a. Pendahuluan  
Bab ini menjelaskan tentang latar belakang penelitian dan tujuan penelitian.
  - b. Alat dan Bahan  
Bab ini memuat seluruh alat dan bahan yang digunakan selama penelitian.



c. Metode Penelitian

Metode atau cara penelitian dapat Anda uraikan secara ringkas dalam bab ini.

d. Teori

Bab ini meliputi teori-teori yang mendasari kegiatan yang diambil dari berbagai sumber.

e. Hasil dan Pembahasan

Pada bab ini Anda dapat menguraikan fakta-fakta dan data yang Anda peroleh selama eksperimen. Pembahasan dilengkapi dengan reaksi-reaksi kimia yang terjadi.

f. Kesimpulan

Pada bab ini Anda dapat mengutarakan kesimpulan yang dapat Anda ambil dari hasil kegiatan eksperimen.

g. Daftar Pustaka

Sumber-sumber pustaka yang Anda dapatkan dimuat dalam daftar pustaka.

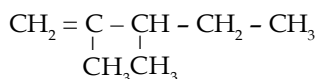
Kegiatan Semester 2 ini dikerjakan secara berkelompok antara 3–5 orang. Bahan makanan yang diuji dapat dibedakan untuk setiap kelompok, pilihlah bahan makanan yang Anda ketahui mengandung karbohidrat, protein, dan lemak. Jika Anda menemukan kesulitan selama pelaksanaan kegiatan, Anda dapat mendiskusikannya dengan guru kimia. Presentasikanlah hasil kegiatan Anda di kelas dan diskusikanlah bersama kelompok lain.



# Evaluasi Materi Semester 2

A. Pilihlah salah satu jawaban yang paling tepat dan kerjakanlah pada buku latihan Anda.

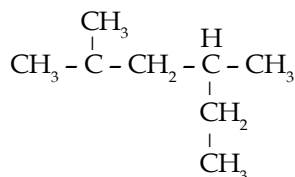
- Gugusan atom atau molekul yang memengaruhi sifat kimia suatu senyawa disebut ....  
A. atom pusat D. gugus senyawa  
B. gugus atom E. gugus fungsi  
C. gugus molekul
- Senyawa golongan alkanal memiliki gugus fungsi  
A. -X D. -O-  
B. -CHO E. -OH  
C. -COOH
- Karbon dapat ditemukan dalam berbagai bentuk pada suhu kamar. Bentuk-bentuk ini dikenal sebagai ....  
A. isotop D. homolog  
B. alotrop E. polimer  
C. isomer
- Pasangan isomer gugus fungsi yang tepat adalah....  
A. propanol dan asam propanoat  
B. propanol dan propanon  
C. propanal dan metil etanoat  
D. asam propanoat dan metil etanoat  
E. metil butanol dan pentanon
- Senyawa dengan rumus molekul  $C_5H_{10}O$  memiliki jumlah isomer aldehid dan keton masing-masing sebanyak ....  
A. 4 dan 3 D. 4 dan 5  
B. 3 dan 4 E. 4 dan 4  
C. 5 dan 4
- Senyawa alkohol yang jika dioksidasi menghasilkan alkanon adalah ....  
A. 2-metil-1-butanol  
B. 2-metil-2-propanol  
C. 3-metil-2-butanol  
D. 2,3-dimetil-2-butanol  
E. 2,3,3-trimetil-1-butanol
- Perhatikan struktur berikut.



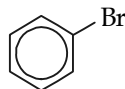
Nama yang tepat untuk senyawa berikut adalah ....

- 2,3-metil-1-pentena
  - 2,3-dimetil-1-pentena
  - 2,3-dimetilpentena
  - 2-metil-3-metilpentena
  - 2-metil-3-metil-1-pentena
- Senyawa yang *bukan* merupakan alkohol sekunder adalah ....  
A. 2-pentanol  
B. 3-pentanol  
C. 2-metil-3-pentanol  
D. 3-metil-2-pentanol  
E. 3-metil-3-pentanol

- Nama senyawa dengan rumus berikut ini menurut IUPAC adalah ....

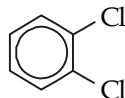


- 3-metil-4-isopropilbutana
  - 4-etil-2-metilpentana
  - 2-metil-4-etilpentana
  - 2,4-dimetil heksana
  - 3,5-dimetil heksana
- Senyawa dengan rumus molekul  $C_5H_{12}O$  termasuk kelompok senyawa ...  
A. aldehid D. alkanon  
B. ester E. asam karboksilat  
C. eter
  - Nama yang tepat untuk struktur kimia berikut ini adalah .....



- bromo benzena
- benzena bromoat
- benzena dibromo
- bromin benzoat
- bromin benzena

- Perhatikan struktur kimia berikut.



Nama yang tepat untuk senyawa tersebut adalah ...

- 1,3-diklorobenzena
  - p-diklorobenzena
  - o-diklorobenzena
  - m-diklorobenzena
  - 1,4-diklorobenzena
- Perhatikan persamaan reaksi berikut.



Reaksi tersebut merupakan reaksi ....

- nitrasi
- alkilasi
- sulfonasi
- halogenasi
- asilasi



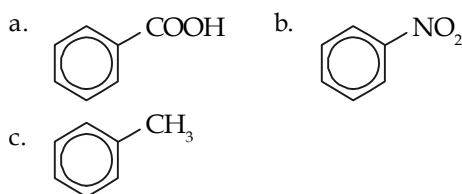


14. Rumus molekul berikut yang *tidak* menyatakan lebih dari satu senyawa adalah ....
- A.  $C_2H_6O$                       D.  $C_2H_5Br$   
 B.  $C_2H_4O_2$                       E.  $C_3H_7Br$   
 C.  $C_3H_6O$
15. Pasangan senyawa karbon berikut yang merupakan isomer gugus fungsional adalah ....
- A. metil etanoat dan propanol  
 B. etil metil eter dan metil etanoat  
 C. propanol dan etil metil eter  
 D. etil metil eter dan 2-propanon  
 E. propanol dan propanal
16. Berikut ini merupakan struktur dari glukosa.
- $$\begin{array}{ccccccc}
 & H & H & H & OH & H & O \\
 & | & | & | & | & | & || \\
 H & -C & -C & -C & -C & -C & -C-H \\
 & | & | & | & | & | & \\
 & OH & OH & OH & H & & 
 \end{array}$$
- Glukosa mengandung gugus fungsional ....
- A. alkohol dan aldehid  
 B. aldehida dan asam karboksilat  
 C. alkohol dan asam karboksilat  
 D. alkohol dan keton  
 E. aldehida dan ester
17. Karbohidrat merupakan sumber energi bagi manusia. Di dalam tubuh karbohidrat diubah menjadi ....
- A. disakarida                      D. galaktosa  
 B. glukosa                          E. fruktosa  
 C. protein
18. Karbohidrat berikut yang *tidak* termasuk ke dalam golongan aldosa adalah ....
- A. sukrosa                          D. fruktosa  
 B. maltosa                          E. glukosa  
 C. laktosa
19. Gugus fungsional yang terdapat dalam suatu molekul asam amino adalah ....
- A.  $-COOH$   
 B.  $-NH_2$   
 C.  $-OH$   
 D.  $-COOH$  dan  $-NH_2$   
 E.  $-COOH$  dan  $OH$
20. Hasil uji Fehling pada suatu sampel menghasilkan endapan merah bata. Berdasarkan hasil tersebut dapat disimpulkan bahwa sampel tersebut mengandung ....

- A. glikol                              D. asam susu  
 B. gliserol                           E. protein  
 C. glukosa
21. Campuran berikut yang jika bereaksi menghasilkan ester adalah ....
- A. propanol dengan natrium  
 B. gliserol trioleat dengan natrium hidroksida  
 C. asam oleat dengan natrium hidroksida  
 D. propanol dengan fosfor trioksida  
 E. etanol dengan asam asetat
22. Senyawa organik dengan rumus:
- $$\begin{array}{c}
 O \\
 || \\
 CH_3 - C - CH_2 - CH_3 \\
 | \\
 CH_3 - CH_2 - O - CH_2 - CH_3
 \end{array}$$
- berturut-turut termasuk ....
- A. eter, keton, ester  
 B. eter, ester, keton  
 C. keton, ester, eter  
 D. keton, eter, ester  
 E. ester, eter, keton
23. Polivinilklorida adalah plastik hasil polimerisasi dari monomer ....
- A.  $ClHC = CHCl$   
 B.  $ClHC = CCl_2$   
 C.  $Cl_2C = CCl_2$   
 D.  $H_2C = CHCl$   
 E.  $H_2C = CCl_2$
24. Ikatan peptida antara asam amino-asam amino yang terdapat dalam protein merupakan ikatan antara ....
- A. gugus alkohol dan gugus metil  
 B. gugus metil dan gugus amino  
 C. gugus amino dan gugus karboksilat  
 D. gugus karboksilat dan gugus metil  
 E. gugus amino dan gugus alkohol
25. Senyawa berikut yang *bukan* monomer untuk pembuatan plastik adalah ....
- A. isoprena  
 B. vinilklorida  
 C. stirena  
 D. propilena  
 E. tetrafluoroetilena

**B. Jawablah pertanyaan berikut dengan benar:**

1. Jelaskan cara membedakan antara lemak dan minyak.
2. Beri nama senyawa-senyawa turunan benzena berikut.



3. Tuliskan 3 buah disakarida beserta reaksi hidrolisisnya.
4. Gambarkanlah struktur kimia yang mungkin dari rumus kimia  $C_3H_6O$ .
5. Apakah manfaat dan kegunaan dari plastik?



# Evaluasi Materi Akhir Tahun

A. Pilihlah salah satu jawaban yang paling tepat dan kerjakanlah pada buku latihan Anda.

- Larutan yang memiliki titik beku paling rendah adalah ....  
 A. sukrosa 0,1 m      D.  $\text{NH}_4\text{NO}_3$  0,1 m  
 B.  $\text{NiCl}_2$  0,1 m      E. glukosa 0,1 m  
 C.  $\text{CuSO}_4$  0,1 m
- Konsentrasi jenuh larutan protein tertentu adalah  $10^{-3}$  M pada 25 °C. Tekanan osmotik larutan ini dalam mmHg adalah ....  
 A. 0,0245      D. 24,50  
 B. 18,60      E. 156  
 C. 0,760
- Di antara larutan berikut yang memiliki titik beku paling rendah jika diketahui molalitas larutan sama, adalah ....  
 A.  $\text{C}_{12}\text{H}_{22}\text{O}_{11}$       D.  $\text{NH}_4\text{NO}_3$   
 B.  $\text{NiCl}_2$       E.  $\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6$   
 C.  $\text{CuSO}_4$
- Salah satu teknik pengukuran berikut yang cocok untuk mengukur berat molekul oksihemoglobin, yang memiliki berat molekul sangat besar adalah ....  
 A. penurunan tekanan uap  
 B. kenaikan titik didih  
 C. penurunan titik beku larutan  
 D. tekanan osmotik  
 E. semua teknik di atas cocok
- Larutan 0,1 mol glukosa NaCl, dan  $\text{Na}_3\text{PO}_4$  masing-masing dilarutkan dalam 1.000 g air dan dididihkan. Pernyataan yang benar jika kenaikan titik didih ketiga larutan tersebut dibandingkan terhadap larutan  $\text{Na}_2\text{SO}_4$  dengan konsentrasi yang sama adalah ....  
 A.  $\Delta T \text{Na}_2\text{SO}_4 = \frac{3}{2} \Delta T \text{NaCl}$   
 B.  $\Delta T \text{Na}_2\text{SO}_4 = \frac{4}{3} \Delta T \text{Na}_3\text{PO}_4$   
 C.  $\Delta T \text{Na}_2\text{SO}_4 = \frac{1}{3} \Delta T \text{glukosa}$   
 D.  $\Delta T \text{Na}_2\text{SO}_4 = \frac{2}{3} \Delta T \text{NaCl}$   
 E.  $\Delta T \text{Na}_2\text{SO}_4 = \frac{2}{3} \Delta T \text{Na}_3\text{PO}_4$
- Sifat-sifat berikut *bukan* merupakan sifat koligatif larutan adalah ....  
 A. kepekatan larutan  
 B. penurunan titik beku  
 C. kenaikan titik didih  
 D. tekanan osmotik  
 E. penurunan tekanan uap jenuh
- Elektrolisis suatu larutan NaCl di katode terbentuk gas sebanyak 11,2 dm<sup>3</sup>. Banyaknya muatan listrik yang mengalir dalam larutan adalah ....  
 A. 0,25 faraday      D. 2,00 faraday  
 B. 0,50 faraday      E. 4,00 faraday  
 C. 1,00 faraday
- Pada penyetaraan setengah reaksi:  $\text{S}_2\text{O}_3^{2-} \rightarrow \text{S}$ , jumlah elektron yang ditambahkan ....  
 A. dua di kanan  
 B. dua di kiri  
 C. tiga di kanan  
 D. empat di kiri  
 E. empat di kanan
- Diketahui setengah reaksi:  $\text{X}^+ + \text{e}^- \rightarrow \text{X(s)}$ ,  $E^\circ = 2,174$  V. Pernyataan berikut yang benar adalah ....  
 A.  $\text{X}^+$  siap direduksi  
 B.  $\text{X}^+$  zat pengoksidasi yang baik  
 C.  $\text{X}^+$  zat pereduksi yang jelek  
 D. X zat pengoksidasi yang baik  
 E. X siap dioksidasi
- Potensial reduksi standar Cu, Ni, Zn berturut-turut 0,34 V, -0,25 V, -0,76 V. Potensial sel galvanik paling besar akan diperoleh jika ...  
 A. Cu sebagai katode, Zn sebagai anode  
 B. Cu sebagai katode, Ni sebagai anode  
 C. Ni sebagai katode, Zn sebagai anode  
 D. Ni sebagai katode, Cu sebagai anode  
 E. Zn sebagai katode, Cu sebagai anode
- Diketahui sel elektrokimia berikut:  
 $\text{H}^+ | \text{H}_2 | | \text{Ag}^+ | \text{Ag}$        $E^\circ = 0,80$  V  
 $\text{Zn}^{2+} | \text{Zn} | | \text{Ag}^+ | \text{Ag}$        $E^\circ = 1,56$  V  
 $\text{Zn}^{2+} | \text{Zn} | | \text{Sn}^{2+} | \text{Sn}$        $E^\circ = 0,62$  V  
 Berapa nilai  $E^\circ$  untuk setengah sel:  
 $\text{Sn}^{2+}(\text{aq}) + 2\text{e}^- \rightarrow \text{Sn(s)}$   
 A. -0,14 V      D. 0,7 V  
 B. 0,14 V      E. 0,62 V  
 C. -0,7 V
- Pernyataan berikut tentang elektrolisis lelehan NaCl yang tidak tepat adalah ....  
 A. logam Na merupakan hasil akhir  
 B.  $\text{H}_2$  dihasilkan dari  $\text{H}_2\text{O}$   
 C. satu mol  $\text{H}_2$  dihasilkan dari setiap mol  $\text{Cl}_2$  yang diproduksi  
 D. merupakan reaksi redoks  
 E. produk yang dihasilkan tidak stabil dibandingkan pereaksi
- Arus listrik sebesar 0,10 A dilewatkan melalui larutan tembaga(II) sulfat selama 10 menit. Jumlah tembaga (mg) yang diendapkan pada katode adalah ...  
 A. 19,9  
 B. 29,0  
 C. 39,8  
 D. 34,5  
 E. 60,0



14. Pernyataan berikut yang tepat untuk unsur Xe adalah ....
- Xe tidak dapat membentuk senyawa
  - Xe berada dalam bentuk molekul diatom,  $\text{Xe}_2$
  - Xe memiliki energi ionisasi pertama lebih rendah dari Na
  - Xe digunakan luas untuk senyawa organologam
  - Xe membentuk senyawa dengan beberapa unsur elektronegatif
15. Urutan senyawa-senyawa hidrogen halida dengan titik didih menurun adalah ....
- HF, HCl, HBr, HI
  - HF, HI, HBr, HCl
  - HCl, HF, HI, HBr
  - HCl, HI, HBr, HF
  - HI, HBr, HCl, HF
16. Logam natrium adalah reduktor kuat. Hasil percobaan yang mendukung ungkapan itu adalah ....
- sifat padat, lunak, dan mudah diiris
  - mudah bereaksi dengan air
  - larutan oksidanya mengubah lakmus merah menjadi biru
  - sifat basanya sangat kuat
  - garam natrium mudah larut dalam air
17. Sifat-sifat berikut yang *bukan* merupakan sifat logam alkali adalah ....
- merupakan unsur yang sangat reaktif
  - terdapat dalam keadaan bebas di alam
  - dibuat dengan cara elektrolisis leburan garamnya
  - ionnya bermuatan positif satu
  - senyawanya mudah larut dalam air
18. Bahan baku pembuatan  $\text{Na}_2\text{CO}_3$  melalui proses solvay adalah ....
- $\text{NaCl}$ ,  $\text{NH}_3$ , CO
  - $\text{NaOH}$ ,  $\text{NH}_3$ ,  $\text{CO}_2$
  - $\text{NaHCO}_3$ ,  $\text{NaCl}$
  - $\text{NaCl}$ ,  $\text{CO}_2$ ,  $\text{NH}_3$
  - $\text{NaOH}$ ,  $\text{NaCl}$ ,  $\text{CO}_2$
19. Dalam keadaan bebas di alam, gas-gas di bawah ini adalah sebagai molekul, *kecuali* ....
- klorin
  - amonia
  - freon
  - helium
  - metana
20. Pernyataan berikut yang menunjukkan reaksi aluminium hidroksida adalah ....
- bereaksi dengan asam sulfat membentuk endapan putih aluminium sulfat
  - berasap dengan hadirnya asam klorida sebab terbentuk aluminium klorida yang meruuh
  - bereaksi dengan asam klorida membentuk endapan putih aluminium klorida
  - bereaksi dengan natrium hidroksida cair membentuk endapan putih natrium aluminat
  - larut dalam natrium hidroksida cair membentuk larutan natrium aluminat
21. Salah satu kegunaan unsur sebagai pupuk diperoleh dari ....
- arang
  - belerang
  - natrium
  - nitrogen
  - besi
22. Berikut ini yang merupakan sifat fisis suatu unsur adalah ....
- titik didih
  - warna nyala
  - daya pengoksidasi
  - daya pereduksi
  - nomor atom
23. Pembuatan asam nitrat secara komersial dilakukan melalui proses ....
- Haber-Bosch
  - kamar timbal
  - Frash
  - Ostwald
  - Hidrogenasi
24. Di antara tetraklorida berikut yang tidak mudah dihidrolisis oleh air adalah ....
- $\text{CCl}_4$
  - $\text{SiCl}_4$
  - $\text{GeCl}_4$
  - $\text{SnCl}_4$
  - $\text{PbCl}_4$
25. Pembuatan gas amonia di laboratorium dapat dilakukan dengan cara ....
- memanaskan amonium nitrat
  - memanaskan amonium klorida
  - memanaskan campuran amonium sulfat dan kalsium oksida
  - mengalirkan gas hidrogen ke dalam nitrogen cair
  - elektrolisis larutan amonium klorida
26. Teknik yang digunakan untuk memperoleh belerang dari alam adalah melalui proses ....
- kontak
  - Frasch
  - kamar timbal
  - elektrolisis
  - penguapan
27. Salah satu unsur transisi adalah ....
- aluminium
  - astatin
  - nikel
  - rubidium
  - selenium
28. Stainles steel merupakan campuran antara logam ....
- Fe, Cr, Na
  - Fe, Cr, Ni
  - Fe, Cu, Ni
  - Fe, Cu, Cr
  - Fe, Ni, Na
29. Jika atom unsur memancarkan satu partikel alfa, kemudian memancarkan satu partikel beta maka akan dihasilkan ....
- ${}_{92}^{234}\text{U}$
  - ${}_{90}^{234}\text{U}$
  - ${}_{90}^{232}\text{U}$
  - ${}_{91}^{234}\text{U}$
  - ${}_{91}^{232}\text{U}$
30. Reaksi antara klorin dan metana dilakukam dengan bantuan cahaya. Fungsi cahaya dalam reaksi ini adalah ....



- A. menguraikan molekul klorin menjadi atom-atomnya  
 B. menguraikan molekul klorin menjadi ion-ionnya  
 C. memanaskan campuran  
 D. menguraikan ikatan C - H dalam metana  
 E. menghilangkan uap air
31. Perlakuan berikut yang *tidak* dapat diterapkan untuk membedakan alkohol dan eter adalah ....  
 A. kelarutan dalam air  
 B. reaksi esterifikasi  
 C. reaksi dengan logam natrium  
 D. reaksi dengan  $\text{PCl}_3$   
 E. penentuan rumus molekul
32. Asam propanoat dapat dibuat dengan cara mengoksidasi ....  
 A.  $\text{CH}_3\text{CH}(\text{OH})\text{CH}_3$   
 B.  $\text{CH}_3\text{CH}_2\text{CHO}$   
 C.  $\text{CH}_3\text{COOH}_3$   
 D.  $\text{CH}_3\text{CH}_2\text{OH}$   
 E.  $\text{CH}_2(\text{OH})\text{CH}_2\text{CH}_2(\text{OH})$
33. Senyawa yang *bukan* merupakan alkohol sekunder adalah ....  
 A. 2-pentanol                      D. 3-metil-2-pentanol  
 B. 3-pentanol                      E. 3-metil-3-pentanol  
 C. 2-metil-3-pentanol
34. Pereaksi berikut yang dapat mengubah benzen menjadi metil benzen adalah ....  
 A. air klor  
 B. HCl pekat  
 C.  $\text{SOCl}_2$   
 D. metilklorida dengan adanya katalis  $\text{AlCl}_3$   
 E. klor dengan adanya katalis  $\text{FeCl}_3$
35. Semua polimer berikut dibuat melalui polimerisasi adisi, *kecuali* ....  
 A. PVC                                  D. polietilen  
 B. polipropilen                      E. karet buatan  
 C. nilon
36. Polisakarida yang menyusun dinding sel tanaman adalah ....  
 A. sakarosa                          D. laktosa  
 B. amilum                            E. selulosa  
 C. glikogen
37. Polivinilklorida adalah plastik hasil polimerisasi dari ....  
 A.  $\text{ClHC} = \text{CHCl}$                   D.  $\text{H}_2\text{C} = \text{CHCl}$   
 B.  $\text{ClHC} = \text{CCl}_2$                   E.  $\text{H}_2\text{C} = \text{CCl}_2$   
 C.  $\text{Cl}_2\text{C} = \text{CCl}_2$
38. Rumus molekul yang memiliki lebih dari satu isomer struktur adalah ....  
 A.  $\text{C}_2\text{H}_2$                               D.  $\text{C}_2\text{H}_4\text{F}_2$   
 B.  $\text{C}_2\text{H}_6$                               E.  $\text{C}_2\text{H}_5\text{F}$   
 C.  $\text{C}_2\text{F}_6$
39. Berikut ini merupakan sifat-sifat senyawa ester, *kecuali* ....  
 A. terdapat pada buah-buahan  
 B. dapat dipakai sebagai pelarut  
 C. umumnya berbau harum  
 D. dapat dipakai sebagai esens buatan  
 E. diperoleh dari reaksi antara asam karboksilat dan alkohol
40. Senyawa organik:  
 1)  $\text{CH}_3 - \overset{\text{O}}{\parallel} \text{C} - \text{CH}_2 - \text{CH}_3$   
 2)  $\text{CH}_3 - \text{CH}_2 - \text{O} - \text{CH}_2 - \text{CH}_3$   
 3)  $\text{CH}_3 - \overset{\text{O}}{\parallel} \text{C} - \text{O} - \text{CH}_2 - \text{CH}_3$   
 berturut-turut termasuk:  
 A. eter, keton, ester  
 B. eter, ester, keton  
 C. keton, ester, eter  
 D. keton, eter, ester  
 E. ester, eter, keton

**B. Jawablah pertanyaan berikut dengan benar:**

1. Berapakah titik didih dan titik beku larutan 0,152 gram gliserol,  $\text{C}_3\text{H}_8\text{O}_3$  dalam 20 g air? ( $K_b$  air = 0,512  $^\circ\text{C}/m$ ,  $K_f$  air = 1,86  $^\circ\text{C}/m$ )
2. Air laut mengandung sekitar 0,5 M NaCl. Berapakah tekanan minimum yang harus diterapkan pada 25  $^\circ\text{C}$  untuk memurnikan air laut dengan teknik osmosis balik?
3. Tuliskan notasi sel untuk sel volta dengan setengah reaksi berikut:  
 $\text{Cd}(\text{s}) \rightarrow \text{Cd}^{2+}(\text{aq}) + 2\text{e}^-$   
 $\text{Pb}^{2+}(\text{aq}) + 2\text{e}^- \rightarrow \text{Pb}(\text{s})$
4. Hitunglah massa setiap produk yang dihasilkan dari elektrolisis larutan LiBr selama 1 jam dengan arus 2,5 A.
5. Urutkanlah kereaktifan dari unsur-unsur halogen berikut: Br, F, Cl, I dari yang paling aktif dan jelaskan.
6. Tuliskanlah perbedaan sifat-sifat fisik dari aluminium dan besi.
7. Berapakah massa atom boron yang memiliki dua isotop yang stabil  $^{10}\text{B}$  (19%) dan  $^{11}\text{B}$  (81%)?
8. Jelaskanlah perbedaan antara reaksi fisi dan reaksi fusi beserta contohnya.
9. Suatu senyawa dengan rumus molekul  $\text{C}_4\text{H}_{10}\text{O}$  tidak bereaksi dengan logam Na. Senyawa tersebut menghasilkan senyawa x, y, dan  $\text{H}_2\text{O}$  dalam larutan HI berlebih. Jika dihidrolisis senyawa tersebut menghasilkan 2-propanol. Perkirakanlah senyawa tersebut.
10. Tuliskanlah rumus struktur untuk molekul trigliserida yang mengandung asam lemak jenuh berikut: 2 molekul  $\text{C}_{12}\text{H}_{25}\text{COOH}$  dan 1 molekul  $\text{C}_{17}\text{H}_{35}\text{COONa}$ .

# Apendiks 1

## Kunci Jawaban

### Bab 1

#### Soal Penguasaan Materi 1.1

1. 0,4 m
2. 16,1 m

#### Soal Penguasaan Materi 1.2

1. Dengan cara melarutkan suatu zat terlarut dan mengukur tekanan uapnya. Kemudian, dibandingkan dengan tekanan uap jenuh pelarut murni.
2. 35,49 mm Hg
3. 100,204 °C
4. 4,92 atm

#### Soal Penguasaan Materi 1.3

1.  $\alpha = 0,1$   
 $T_f = -0,59$
2. 15,7 atm

#### Evaluasi Materi Bab 1

##### A. Pilihan ganda

1. D
2. D
3. C
4. B
5. E
6. D
7. D
8. D
9. C
10. D
11. E
12. B
13. D
14. A
15. C
16. D
17. D
18. B
19. A
20. C

##### B. Esai

1. 30 mmHg
2. 118,215 g/mol
3. 100,6
4. 20 g
5. 12,3 atm

#### Soal Tantangan

1. a. A - A'  
b. B - B'  
c. G - H  
d. X = padat, Y = gas, Z = cair
2. Tujuan penjual menaruh atau menambahkan garam dapur pada es balok, agar es balok tersebut mengalami penurunan titik beku sehingga cepat mencair. Karena es balok berubah wujud menjadi zat cair maka proses pendinginan cetakan es potong dapat berlangsung secara merata.

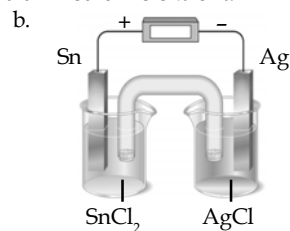
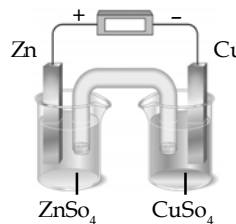
### Bab 2

#### Soal Penguasaan Materi 2.1

1.  $2 \text{MnO}_4^-(aq) + 16 \text{H}^+(aq) + 5 \text{SO}_3^{2-}(aq) + 5 \text{H}_2\text{O}(l) \rightarrow 2 \text{Mn}^{2+}(aq) + 8 \text{H}_2\text{O}(l) + 5 \text{SO}_4^{2-}(aq) + 10 \text{H}^+(aq)$
2.  $4 \text{Cu}(s) + 2 \text{NO}_3^-(aq) + 10 \text{H}^+(aq) \rightarrow 4 \text{Cu}^{2+}(aq) + \text{N}_2\text{O}(g) + 5 \text{H}_2\text{O}(l)$
3.  $2 \text{MnO}_4^-(aq) + 3 \text{C}_2\text{O}_4^{2-}(aq) + 2 \text{H}_2\text{O}(l) \rightarrow 2 \text{MnO}_2(s) + 6 \text{CO}_3^{2-}(aq) + 4 \text{H}^+(aq)$
4.  $\text{Cr}_2\text{O}_7^{2-}(aq) + 6 \text{Fe}^{2+}(aq) + 14 \text{H}^+(aq) \rightarrow 2 \text{Cr}^{3+}(aq) + 6 \text{Fe}^{3+}(aq) + 7 \text{H}_2\text{O}(l)$

#### Soal Penguasaan Materi 2.2

1. Untuk mempertahankan kenetralan medium elektrolit.
2. a.



3. a. anode :  $\text{Al}(s) \rightarrow \text{Al}^{3+}(aq) + 3 e^-$   
katode :  $\text{Ni}^{2+}(aq) + 2 e^- \rightarrow \text{Ni}(s)$
4. a.  $2 \text{Al}(s) + 3 \text{Ni}^{2+}(aq) \rightarrow 2 \text{Al}^{3+}(aq) + 3 \text{Ni}(s)$   
 $E_{\text{sel}} = 1,42 \text{ V}$   
b.  $\text{Cu}(s) + 2 \text{Ag}^+(aq) \rightarrow \text{Cu}^{2+}(aq) + 2 \text{Ag}(s)$   
 $E_{\text{sel}} = 0,46 \text{ V}$   
c.  $\text{Mg}(s) + \text{Sn}^{2+} \rightarrow \text{Mg}^{2+}(aq) + \text{Sn}(s)$   
 $E_{\text{sel}} = 2,22 \text{ V}$
5. Penghantar yang mengeluarkan atau mengumpulkan elektron dalam suatu sel.

#### Soal Penguasaan Materi 2.3

1. Besi teroksidasi oleh  $\text{O}_2$  dan air yang terdapat di udara bebas. Cara mencegah korosi adalah dengan pelapisan cat antikorosi atau logam lain yang lebih tahan karat.
2.  $\text{Fe}^{2+}(aq) + 2 \text{OH}^-(aq) \rightarrow \text{Fe}(\text{OH})_2(s)$   
 $4 \text{Fe}(\text{OH})_2(s) + \text{O}_2(g) + 2 \text{H}_2\text{O}(l) \rightarrow 4 \text{Fe}(\text{OH})_3(s)$

#### Evaluasi Materi Bab 2

##### A. Pilihan ganda

1. E
2. B
3. E
4. B
5. B
6. C
7. B
8. D
9. D
10. A
11. E
12. D
13. C
14. B
15. C
16. C
17. C
18. E
19. A
20. A
21. E
22. E
23. D
24. A
25. A
26. C
27. C
28. E
29. B
30. A

##### B. Esai

1. a. 2,64 V  
a. 2,64 V  
b. 0,78 V  
c. 1,2 V  
d. 2,46 V
3. a.  $\text{K} = 2 \text{H}_2\text{O} + 2 e^- \rightarrow \text{H}_2 + 2 \text{OH}^-$   
 $\text{A} = 2 \text{I}^- \rightarrow \text{I}_2 + 2 e^-$   
c.  $\text{K} = \text{Na}^+ + e^- \rightarrow \text{Na}$   
 $\text{A} = 2 \text{Cl}^- \rightarrow \text{Cl}_2 + 2 e^-$
4. 18,7 g

#### Soal Tantangan

1. Batu baterai tersusun atas seng dan batang karbon, elektrolit yang digunakan adalah campuran  $\text{MnO}_2$ ,  $\text{NH}_4\text{Cl}$ , sedikit air, dan kadang ditambahkan  $\text{ZnCl}_2$ . Ketika kutub positif dihubungkan dengan kutub negatif akan terjadi reaksi oksidasi:





Elektron yang dihasilkan akan mengalir melalui batang karbon dan mereduksi  $\text{MnO}_2$  dan  $\text{NH}_4^+$  menjadi  $\text{Mn}_2\text{O}_3$  dan  $\text{NH}_3$ . Semakin lama digunakan maka campuran  $\text{Mn}_2\text{O}_3$  dan  $\text{NH}_4\text{Cl}$  akan semakin berkurang yang akhirnya habis. Ketika itu pula aliran  $\text{e}^-$  pada batang karbon tidak berlangsung sehingga batu baterai tidak dapat digunakan lagi.

2. a. Anode = Ag dan katode = Cu  
b. Reduksi:  $\text{Ag}^+(\text{aq}) + \text{e}^- \rightarrow \text{Ag}(\text{s})$   
Oksidasi:  $\text{Ag}(\text{s}) \rightarrow \text{Ag}^+(\text{aq}) + \text{e}^-$   
c. Tetap.  
d. Pelapisan tembaga dengan perak.

## Bab 3

### Soal Penguasaan Materi 3.1

1. Logam : besi, aluminium, dan perak  
Nonlogam : oksigen, nitrogen, dan karbon
2. Hematit ( $\text{Fe}_2\text{O}_3$ )  
Magnetit ( $\text{Fe}_3\text{O}_4$ )  
Siderit ( $\text{FeCO}_3$ )  
Pirit ( $\text{FeS}$ )
3. Beril, kriolit
4. Gas nitrogen merupakan komponen terbesar penyusun udara.

### Soal Penguasaan Materi 3.2

1. Unsur-unsur golongan alkali tanah berwujud padat pada suhu kamar karena memiliki titik leleh lebih tinggi dari suhu kamar.
2. Dalam satu periode dari kiri ke kanan sifat asam bertambah dan sifat basa berkurang.
3. Dibedakan dari warna nyala yang dihasilkannya.
4. Dengan pemanasan.
5. Dengan cara pengendapan.
6. Menimbulkan *boiler scale* pada pipa-pipa air.

### Soal Penguasaan Materi 3.3

1. Oksigen : pembakaran dan metabolisme tubuh  
Karbon : obat sakit perut
2. • besi : rangka bangunan, rangka kendaraan, rangka jembatan, dll.  
• aluminium : peralatan dapur, bahan pembuat pesawat terbang, pembungkus, dll  
• tembaga : kabel, peralatan elektronik
3. Pengolahan aluminium terdiri atas 2 tahap:  
a. Pemurnian bauksit untuk memperoleh alumina murni.  
b. Peleburan alumina menggunakan sel elektrolisis

### Soal Penguasaan Materi 3.4

1. Dengan cara titrasi asam basa.
2. a. 21,2%  
b. 35%

## Evaluasi Materi Bab 3

### A. Pilihan ganda

- |       |       |       |
|-------|-------|-------|
| 1. C  | 11. D | 21. B |
| 2. D  | 12. D | 22. C |
| 3. C  | 13. E | 23. C |
| 4. A  | 14. A | 24. C |
| 5. C  | 15. B | 25. A |
| 6. C  | 16. E |       |
| 7. D  | 17. D |       |
| 8. C  | 18. E |       |
| 9. E  | 19. C |       |
| 10. D | 20. D |       |

## B. Esai

1. Karena dalam satu golongan unsur memiliki nomor atom paling besar.
2. Karena mudah berkarat.
3. Baja dapat dibuat dengan cara peleburan ulang besi gubal. Mula-mula, kadar karbon dalam besi gubal diturunkan dari 3–4% menjadi 0–1,5%. Caranya dengan mengoksidasi dengan oksigen. Kemudian, Si, Mn, P, serta pengotor lain dibuat dengan cara membuat terak. Terakhir, ke dalam terak ditambahkan logam, seperti Cr, Ni, Mn, V, Mo, dan W sesuai dengan jenis baja yang diinginkan.
4. Di alam mineral tembaga umumnya ditemukan bersama emas dan perak.
5. Logam-logam diperoleh atau dibuat dengan cara metalurgi, yaitu proses pengolahan bahan-bahan alam menjadi logam. Industri metalurgi melalui tiga tahapan, yaitu pemekatan bijih, peleburan, dan pemurnian.
6. • Air sadah : air yang mengandung ion Ca dan atau ion Mg.  
• Air sadah sementara mengandung ion berkarbonat dan kesadahnya dapat dihilangkan dengan pemanasan.  
• Air sadah tetap mengandung ion sulfat, klorida, nitrat.
7. 1,12 ton
8. Sepanjang periode ke-3 dari kiri ke kanan  
a. sifat logam berkurang dan nonlogam bertambah  
b. sifat asam bertambah  
c. sifat reduktor berkurang dan oksidator bertambah
9. a. Tembaga dan timah  
c. Besi, krom, dan nikel
10. Menurunkan titik didih Al.

### Soal Tantangan

1. Karena pada saat memasak masakan yang mengandung air, air tersebut kemungkinan mengandung garam bikarbonat dari magnesium dan kalsium. Sehingga ketika terjadi pemanasan akan terbentuk endapan magnesium karbonat dan kalsium karbonat, reaksinya:  
$$\text{Ca}(\text{HCO}_3)_2 \rightarrow \text{CaCO}_3 + \text{CO}_2 + \text{H}_2\text{O}$$
$$\text{Mg}(\text{HCO}_3)_2 \rightarrow \text{MgCO}_3 + \text{CO}_2 + \text{H}_2\text{O}$$
  
 $\text{CaCO}_3$  dan  $\text{MgCO}_3$  yang terbentuk akan membentuk kerak pada ketel yang digunakan.
2. Untuk mendapatkan gas oksigen dalam jumlah banyak dapat dilakukan dengan cara destilasi bertingkat udara cair. Udara yang mengandung 21% oksigen dan 78% nitrogen didinginkan hingga suhu  $-200^\circ\text{C}$ . Kemudian secara berangsur-angsur udara dipanaskan. Pada suhu  $-195,8^\circ\text{C}$ , nitrogen akan menguap dan selanjutnya dipisahkan. Pada suhu  $-183^\circ\text{C}$ , oksigen cair akan menguap sehingga dapat dipisahkan dari gas lainnya.

## Bab 4

### Soal Penguasaan Materi 4.1

1. Dengan cara meluruh
2. Partikel  $\alpha$ ,  $\beta$ , dan  $\gamma$
3. a.  $^{10}_5\text{B} + ^1_0\text{n} \rightarrow ^7_3\text{Li} + ^4_2\alpha$
4. 7,5 hari

### Soal Penguasaan Materi 4.2

1. Di bidang kesehatan, peternakan, dan arkeologi.
2. • Reaksi berantai terkendali dapat dimanfaatkan sebagai pembangkit listrik (PLTN).  
• Reaksi berantai yang tak terkendali sangat berbahaya karena mampu menghasilkan energi yang sangat besar, seperti bom atom. Selain itu, radiasi yang dipancarkan berbahaya bagi makhluk hidup.
3. Dapat mempercepat pembelahan sel tubuh.

## Evaluasi Materi Bab 4

### A. Pilihan ganda

1. C
2. B
3. E
4. B
5. D
6. D
7. D
8. B
9. A
10. E
11. C
12. B
13. D
14. A
15. D

### B. Esai

1.  ${}_{13}^{27}\text{Al} + \text{X} \rightarrow {}_{15}^{30}\text{P} + {}_0^1\text{n}$   
 $\text{X} = {}_2^4\text{X} \rightarrow {}_0^1\text{X}$
2. 10,52 tahun
3.  ${}_{92}^{238}\text{U} + {}_2^4\text{X} \rightarrow \text{X} + 3{}_0^1\text{n}$   
 $\text{X} \rightarrow {}_{94}^{239}\text{X} \rightarrow {}_{94}^{239}\text{Pu}$
4. a.  ${}_{40}^{90}\text{Zr} \rightarrow {}_{41}^{90}\text{Nb} + {}_{-1}^0\text{B}$   
b.  ${}_{86}^{222}\text{Pn} \rightarrow {}_{84}^{218}\text{Po} + {}_2^4\alpha$
5. Menentukan debit air sungai, studi geothermal, dan lain-lain.

### Soal Tantangan

1. Untuk mendeteksi kebocoran pada pipa-pipa yang ditanam di dalam tanah, biasanya digunakan radioisotop Na-24 dalam bentuk garam NaCl atau  $\text{Na}_2\text{CO}_3$ . Radioisotop Na-24 ini dapat memancarkan sinar gama yang bisa dideteksi dengan menggunakan alat pencacah radioisotop Geiger Counter. Untuk mendeteksi kebocoran pipa air, garam yang mengandung radioisotop Na-24 dilarutkan ke dalam air. Kemudian, permukaan tanah di atas pipa air diperiksa dengan Geiger Counter. Intensitas radiasi yang berlebih menunjukkan adanya kebocoran.
2. Pada PLTN sumber energi untuk menghasilkan listrik adalah unsur radioisotop. Ketika radioisotop mengalami reaksi inti akan dihasilkan energi yang sangat besar, energi ini digunakan untuk memanaskan air sehingga terbentuk uap. Kemudian, uap ini digunakan untuk menggerakkan turbin. Pergerakan turbin merupakan energi mekanik yang dapat memberi kemampuan generator untuk mengubah energi tersebut menjadi energi listrik. Pada PLTN, reaksi inti berlangsung terkendali di dalam suatu reaktor nuklir.

## Evaluasi Materi Semester 1

### A. Pilihan ganda

1. D
2. B
3. C
4. A
5. D
6. D
7. A
8. A
9. C
10. D
11. B
12. E
13. C
14. E
15. E
16. C
17. C
18. B
19. B
20. D
21. D
22. E
23. D
24. A
25. B

### B. Esai

1. a. 4 m  
b. 0,067

2. a.  $14 \text{BrO}_3^-(\text{aq}) + 4 \text{H}^+(\text{aq}) + 5 \text{N}_2\text{H}_4(\text{g}) \rightarrow 14 \text{Br}^-(\text{aq}) + 12 \text{H}_2\text{O}(\text{l}) + 10 \text{NO}_3^-(\text{aq})$   
b.  $6 \text{Fe}^{2+}(\text{aq}) + \text{Cr}_2\text{O}_7^{2-}(\text{aq}) + 14 \text{H}^+(\text{aq}) \rightarrow 6 \text{Fe}^{3+}(\text{aq}) + 2 \text{Cr}^{3+}(\text{aq}) + 7 \text{H}_2\text{O}(\text{l})$
3. a. 0,65  
b. 0,65 °C
4. a. Katode :  $\text{Ni}^{2+}(\text{aq}) + 2 \text{e}^- \rightarrow \text{Ni}(\text{s})$   
Anode :  $2 \text{H}_2\text{O}(\text{l}) \rightarrow 4 \text{H}^+ + \text{O}_2(\text{g}) + 4 \text{e}^-$   
b. 117,42 g  
c. 22,4 L
5. b.  ${}_{40}^{90}\text{Zr} \rightarrow {}_{39}^{90}\text{X} + {}_{-1}^0\beta$   
c.  ${}_{86}^{222}\text{Rn} \rightarrow {}_{88}^{226}\text{X} + {}_2^4\alpha$

## Bab 5

### Soal Penguasaan Materi 5.1

1. Senyawa keton memiliki gugus karbonil yang tidak mengikat atom H.
2. Persamaan : alkohol dan haloalkana mensubstitusi satu atom H dari alkana.  
Perbedaan : substitusi alkohol oleh gugus -OH, haloalkana oleh -X.
3. Untuk karboksilat satu atom oksigen berikatan ganda dengan atom karbon, sedangkan satunya berikatan tunggal dengan atom karbon. Atom oksigen berikatan tunggal dengan atom karbon berikat juga dengan atom hidrogen, sedangkan untuk ester berikatan dengan gugus alkil.

### Soal Penguasaan Materi 5.2

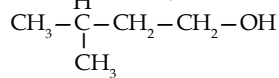
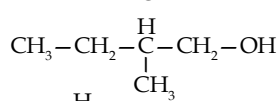
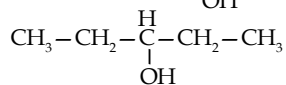
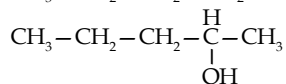
1. a. 1-pentanol  
b. metoksi pentana  
c. 2-metil-3-heksanon  
d. asm 3-etil-heksanoat  
e. 3-etil-2-metil-heksanal  
f. etil-pentanoat
2. a. etil butil eter  
b. etil propil keton  
c. asam 2-metil-butirat  
d. 2-metil-3-etil-pentanal  
e. etil valerat

3. a.  $\text{CH}_3 - \text{CH}_2 - \overset{\text{CH}_3}{\underset{|}{\text{C}}} - \text{CH}_2 - \text{OH}$   
b.  $\text{CH}_3 - \text{CH}_2 - \text{O} - \text{CH}_2 - \text{CH}_3$   
c.  $\text{CH}_3 - \text{CH} - \overset{\text{C}_2\text{H}_5}{\underset{|}{\text{C}}} - \overset{\text{O}}{\underset{||}{\text{C}}} - \text{C}_6\text{H}_{13}$   
d.  $\text{CH}_3 - \text{CH}_2 - \text{CH}_2 - \text{CH}_2 - \overset{\text{H}}{\underset{|}{\text{C}}} - \text{CH}_2 - \overset{\text{O}}{\underset{||}{\text{C}}} - \text{OH}$   
e.  $\text{CH}_3 - \text{CH}_2 - \overset{\text{H}}{\underset{|}{\text{C}}} - \overset{\text{O}}{\underset{||}{\text{C}}} - \text{H}$   
f.  $\text{CH}_3 - (\text{CH}_2)_2 - \overset{\text{O}}{\underset{||}{\text{C}}} - \text{O} - \text{CH}_3$   
g.  $\text{CH}_3 - \text{CH}_2 - \text{CH}_2 - \overset{\text{H}}{\underset{|}{\text{C}}} - \text{CH}_3$

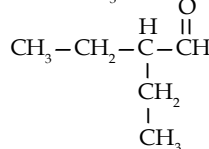
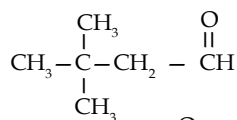
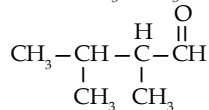
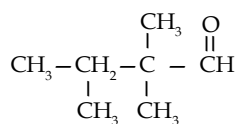
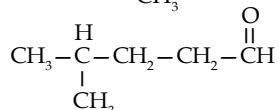
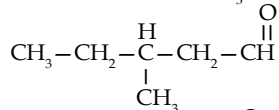
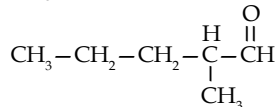


### Soal Penguasaan Materi 5.3

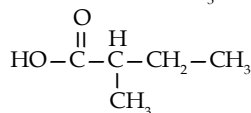
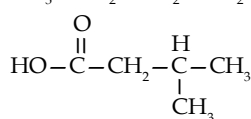
1. a.  $\text{CH}_3\text{---CH}_2\text{---CH}_2\text{---CH}_2\text{---CH}_2\text{---OH}$



- b.  $\text{CH}_3\text{---CH}_2\text{---CH}_2\text{---CH}_2\text{---CH}_2\text{---CH=O}$



- c.  $\text{CH}_3\text{---CH}_2\text{---CH}_2\text{---CH}_2\text{---C(=O)OH}$



2. a. 1-butanol, 2-metil-1-propanol, 2-metil-2-propanol  
b. 1-pentanal, 2,2-dimetil-1-propanal  
c. asam-propanoat

3. a. 2-metil-2-butanol  
b. butanol  
c. metil butanoat

### Soal Penguasaan Materi 5.4

1. Aldehid dan keton diidentifikasi dengan pereaksi fehling dan Tollen's. Aldehid akan memberikan endapan merah dengan pereaksi fehling dan membuat cermin perak dengan pereaksi Tollen's sedangkan keton tidak menunjukkan reaksi terhadap pereaksi fehling dan Tollen's.  
2. Ester terbentuk melalui esterifikasi dari reaksi antara alkohol dan asam karboksilat dalam suasana asam. (asam propanoat dan etanol)

### Soal Penguasaan Materi 5.5

1. Sebagai pelarut, bahan campuran bahan bakar, dan antiseptik.  
2. Zat aditif pada makanan dan pengawet makanan atau minuman.

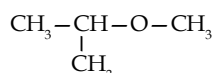
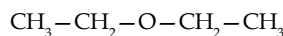
### Evaluasi Materi Bab 5

#### A. Pilihan ganda

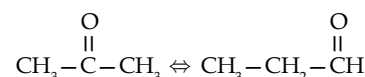
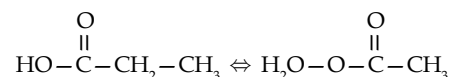
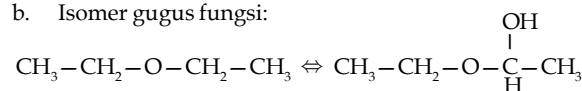
- |       |       |       |
|-------|-------|-------|
| 1. E  | 11. A | 21. B |
| 2. C  | 12. B | 22. B |
| 3. B  | 13. C | 23. C |
| 4. B  | 14. D | 24. D |
| 5. B  | 15. B | 25. C |
| 6. C  | 16. C |       |
| 7. D  | 17. A |       |
| 8. C  | 18. A |       |
| 9. A  | 19. A |       |
| 10. E | 20. C |       |

#### B. Esai

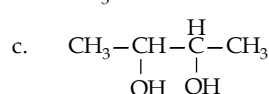
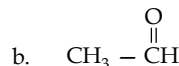
1. a. Benzaldehida  
b. etil 3-metil-butanoat  
c. 2-bromo-1,4-butanadiol  
d. asam 3-bromo-3,5,5-trimetil heksanoat  
2. a. isomer struktur:

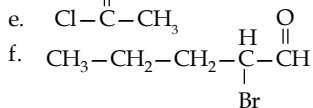
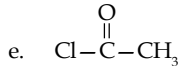
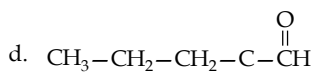


- b. Isomer gugus fungsi:

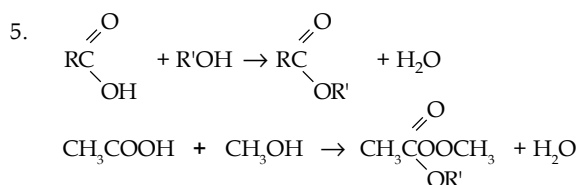


3. a.  $\begin{array}{c} \text{O} \quad \text{CH}_3 \\ || \quad | \\ \text{CH}_3\text{---C---C---CH}_3 \\ | \\ \text{CH}_3 \end{array}$





4. a. Pelarut organik  
b. Zat anestetik  
c. Pengawet organisme yang sudah mati



#### Soal Tantangan

- 1) I, III, IV, V, dan VI  
2) X
  - $\text{C}_2\text{H}_4(\text{g}) + 3 \text{O}_2(\text{g}) \rightarrow 3 \text{CO}_2(\text{g}) + 2 \text{H}_2\text{O}(\text{l})$
  - 1) Etena dan klorin  
2) Bromoetana
  - 1,2-etanadiol
  - Bromoetana
- Titik didih dipengaruhi rantai alkana dan gugus halogen yang terikat, semakin panjang rantai alkana titik didihnya semakin tinggi dan semakin besar  $M_r$ , halogen yang terikat maka senyawa yang terbentuk akan semakin sukar menguap.  
Wujud klorometana, bromometana, dan kloroetana berwujud gas karena titik didihnya di bawah  $25^\circ\text{C}$  sedangkan bromoetana, iodoetana, dan iodoetana berwujud cair karena titik didihnya diatas  $25^\circ\text{C}$

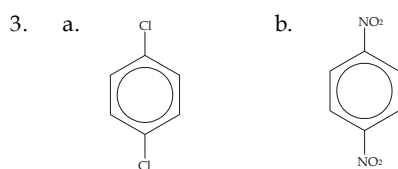
## Bab 6

### Soal Penguasaan Materi 6.1

- Struktur benzena pada 1865 hanya berupa cincin heksagonal dengan ikatan tunggal.
- Dengan mengukur panjang ikatan di setiap atom C-C yaitu 140 pm.

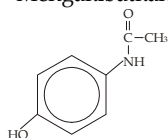
### Soal Penguasaan Materi 6.2

- Bromobenzena
  - Etil benzena
  - Nitrobenzena
- o-dibromobenzena
  - m-dinitrobenzena



### Soal Penguasaan Materi 6.3

- Mengakibatkan gangguan pencernaan pada lambung.
- Parasetamol sering digunakan sebagai obat sakit kepala.



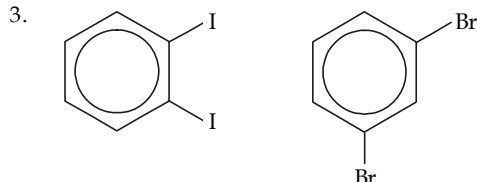
## Evaluasi Materi Bab 6

### A. Pilihan ganda

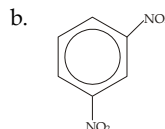
- A
- B
- C
- B
- A
- A
- A
- D
- A
- B
- B
- C
- A
- E
- B

### B. Esai

- Bromobenzena + asam bromida
- Digunakan sebagai pestisida dan pembuatan fenol.



4. a. m-dinitrobenzena



5. a. metil benzoat  
b.  $\text{R}-\text{C}$   
c. asam benzoat + metanol  $\rightarrow$  metil benzoat + air  
d.  $\text{H}_2\text{O}$

### Soal Tantangan

- tahap 1 =  $\text{Cl}_2$   
tahap 2 =  $\text{KCN}$   
tahap 3 =  $\text{H}_2\text{SO}_4$
  - tahap 1 = reaksi halogenasi  
tahap 2 = reaksi substitusi  
tahap 3 = hidrolisis  
tahap 4 = reduksi
- Karena DDT dapat menyebabkan pencemaran air dan tanah, bersifat karsinogen dan hanya tanaman yang terkena DDT lama-kelamaan akan mengalami mutasi sehingga tahan terhadap DDT.

## Bab 7

### Soal Penguasaan Materi 7.1

- Polimer alami dapat ditemukan di alam, sedangkan polimer buatan dibuat di laboratorium dengan cara sintesis.
- Protein, karbohidrat, lemak, getah karet.
- PVC, nilon, teflon.

### Soal Penguasaan Materi 7.2

1. 
$$n \left[ \begin{array}{c} | \\ \text{C} = \text{C} \\ | \end{array} \right] \longrightarrow \left[ \begin{array}{c} | \quad | \\ \text{C} - \text{C} \\ | \quad | \end{array} \right]_n$$
  
alkena                      polialkena

2. 
$$\begin{array}{c} \text{gugus fungsi-M-gugus fungsi} \\ + \\ \text{gugus fungsi-M-gugus fungsi} \\ \text{M = monomer} \\ \downarrow \\ [\text{gabungan gugus fungsi-M-M} \dots \text{M-M-gabungan gugus fungsi}] \\ + \\ \text{produk samping} \end{array}$$
- M...M = polimer
3. PVC, polipropena, teflon

### Soal Penguasaan Materi 7.3

1. Monosakarida: terdiri atas satu unit sakarida.  
Disakarida: terdiri atas dua unit sakarida.  
Polisakarida: terdiri atas lebih dari dua unit sakarida.
2. Dilihat dari letak gugus karbonitnya yaitu aldosa dan ketosa
3. Monosakarida

### Soal Penguasaan Materi 7.4

1. Asam amino adalah unit terkecil dari protein, sedangkan protein merupakan gabungan dari asam amino.
2. Dipeptida : analgin  
Tripeptida : glisin alanil fenilalanin  
Polipeptida : hemoglobin
3. Dengan uji biuret atau xantoprotein.

### Soal Penguasaan Materi 7.5

1. Plastik sulit diuraikan mikroorganisme sehingga merusak sifat tanah, jika dibakar dapat menyebabkan gangguan kesehatan seperti kanker.
2. Polietena sebagai
  - bahan pembungkus
  - polivinilklorida sebagai bahan pipa pralon
  - nilon sebagai bahan pakaian

### Soal Penguasaan Materi 7.6

1. Lemak pada suhu kamar berwujud padat, sedangkan minyak berwujud cair.
2. Lemak dan minyak bersifat nonpolar, maka larut dalam pelarut nonpolar seperti kloroform
3. Karena asam lemak tak jenuh tidak akan meningkatkan kadar kolesterol dalam darah.

### Evaluasi Materi Bab 7

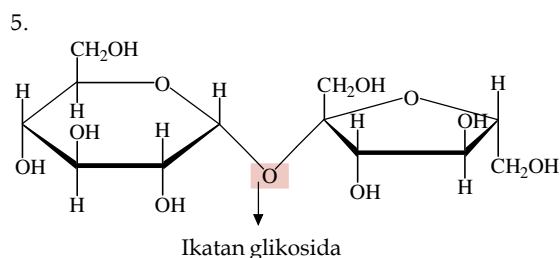
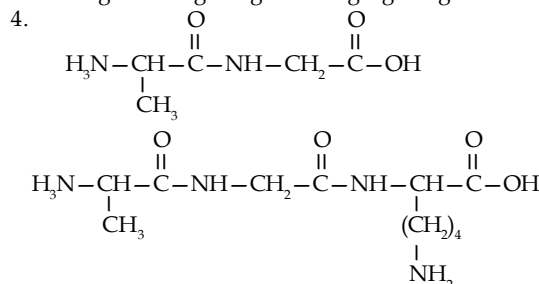
#### A. Pilihan ganda

- |       |       |
|-------|-------|
| 1. B  | 11. E |
| 2. B  | 12. C |
| 3. D  | 13. B |
| 4. E  | 14. D |
| 5. C  | 15. A |
| 6. B  |       |
| 7. D  |       |
| 8. A  |       |
| 9. E  |       |
| 10. D |       |

#### B. Esai

1. Pada reaksi polimerisasi adisi, monomernya merupakan senyawa alkena, yaitu hidrokarbon takjenuh yang berikatan rangkap dua. Pada reaksi polimerisasi kondensasi, monomernya mengandung gugus fungsi dan dihasilkannya produk samping, seperti  $\text{H}_2\text{O}$ ,  $\text{HCl}$ ,  $\text{NH}_3$ , dan  $\text{CH}_3\text{COOH}$ .
2. Polimer alami : protein, getah karet  
Polimer buatan : teflon, nilon

3. Monosakarida dapat dikelompokkan berdasarkan letak gugus karbonilnya. Jika letak gugus karbonil di ujung, berarti monosakaridanya digolongkan ke dalam golongan aldosa. Jika gugus karbonil terletak di antara alkil, berarti gugus fungsional digolongkan sebagai golongan ketosa.



### Soal Tantangan

1. Telur mengandung banyak protein yang tersusun atas berbagai asam amino. Jika protein itu mengalami suatu reaksi, salah satunya karena pengaruh suhu, maka terdapat suhu optimum agar reaksi yang berlangsung cukup baik yaitu sekitar 60–70 °C. Jika telur tersebut dimasak terlalu matang, >70 °C, maka protein yang terdapat pada telur akan mengalami denaturasi, yaitu proses perusakan struktur protein. Sehingga kurang baik memasak seperti itu karena kandungan proteinnya sudah rusak.
2. Minyak kelapa mengandung lemak jenuh dan minyak sawit mengandung lemak tak jenuh. Jadi, yang lebih baik digunakan adalah minyak sawit. Selain itu, minyak sawit juga memiliki banyak kebaikan, diantaranya:
  - a. Dapat mengurangi kadar kolesterol dalam darah
  - b. Dapat meningkatkan kadar kolesterol yang bermanfaat, yaitu HDL dan mengurangi kolesterol LDL
  - c. Merupakan sumber vitamin E
  - d. Mengurangi kecenderungan darah untuk membeku
  - e. Kaya dengan beta-karoten

### Evaluasi Materi Semester 2

#### A. Pilihan ganda

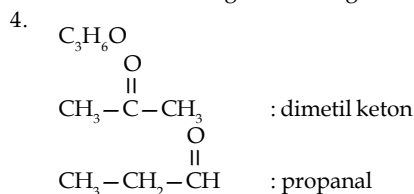
- |       |       |       |
|-------|-------|-------|
| 1. E  | 11. A | 21. E |
| 2. B  | 12. C | 22. D |
| 3. B  | 13. B | 23. D |
| 4. D  | 14. D | 24. C |
| 5. A  | 15. C | 25. E |
| 6. C  | 16. A |       |
| 7. B  | 17. B |       |
| 8. E  | 18. D |       |
| 9. D  | 19. D |       |
| 10. C | 20. C |       |

#### B. Esai

1. Lemak dan minyak dapat dibedakan dari wujudnya. Pada suhu kamar, lemak berwujud padat, sedangkan minyak berwujud cair.



2. a. asam benzoat  
b. nitrobenzena  
c. toluena
3. sukrosa + air → fruktosa + glukosa  
maltosa + air → glukosa + glukosa  
laktosa + air → galaktosa + glukosa



5. Kegunaan plastik di antaranya:  
Polietilentereftalat (PET) digunakan untuk kemasan minuman dan bahan pakaian.  
Polietena/Polietilena (PE) digunakan untuk kantung plastik, pembungkus makanan dan barang, mainan anak-anak, dan piringan hitam.  
Polivinil klorida (PVC) digunakan untuk mainan anak-anak, pipa paralon, *furniture*, piringan hitam, selang plastik, dan kulit kabel listrik.

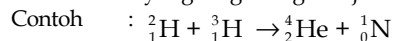
### Evaluasi Materi Akhir Tahun

#### A. Pilihan ganda

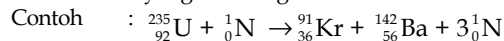
- |       |       |       |       |
|-------|-------|-------|-------|
| 1. B  | 11. A | 21. D | 31. B |
| 2. B  | 12. A | 22. E | 32. B |
| 3. B  | 13. A | 23. D | 33. E |
| 4. C  | 14. E | 24. A | 34. D |
| 5. A  | 15. B | 25. C | 35. C |
| 6. A  | 16. B | 26. A | 36. E |
| 7. C  | 17. E | 27. C | 37. D |
| 8. D  | 18. C | 28. C | 38. D |
| 9. B  | 19. D | 29. D | 39. B |
| 10. A | 20. C | 30. B | 40. D |

#### B. Esai

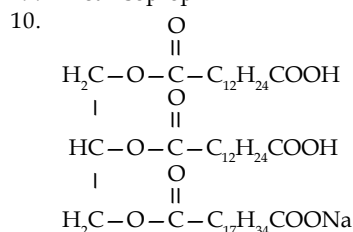
1.  $T_b = 100,042^\circ\text{C}$   
 $T_f = -0,148^\circ\text{C}$
2. 24,436 atm
3.  $\text{Cd(s)}/\text{Cd}^{2+}(\text{aq}) \parallel \text{Pb}^{2+}(\text{aq}) \mid \text{Pb(s)}$
4. 0,65 g
5. F, Cl, Br, I
6. Alumunium : lembek, ringan, kurang kuat, tahan karat karena membentuk lapisan oksidanya.  
Besi : keras, berat, kuat dan tidak tahan karat
7. 10,81
8. Reaksi fusi : reaksi antara dua inti atom ringan ( $NA < 5$ ) yang bergabung menjadi inti yang lebih besar.



Reaksi fisi : penguraian suatu radioisotop berat ( $NA > 83$ ) akibat penambahan partikel menjadi dua unsur yang lebih ringan.



9. metil isopropil



# Apendiks 2

Tabel Unsur-Unsur Kimia

Unsur (Inggris)	Unsur (Indonesia)	Simbol	Nomor Atom	Nomor Massa
❖ Actinium	Aktinium	Ac	89	(227)
Alumunium	Alumunium	Al	13	26,98
❖ Americium	Amerisium	Am	95	(243)
Antimony	Antimon	Sb	51	121,8
Argon	Argon	Ar	18	39,95
Arsenic	Arsen	As	33	74,92
❖ Astatine	Astat	At	85	(210)
Barium	Barium	Ba	56	137,3
❖ Berkelium	Berkelium	Bk	97	(247)
Beryllium	Berilium	Be	4	9,012
Bismuth	Bismut	Bi	83	209,0
Boron	Boron	B	5	10,81
Bromine	Bromin	Br	35	79,90
Cadmium	Kadmium	Cd	48	112,4
Calcium	Kalsium	Ca	20	40,08
❖ Californium	Kalifornium	Cf	98	(249)
Carbon	Karbon	C	6	12,01
Cerium	Serium	Ce	58	140,1
Cesium	Sesium	Cs	55	132,9
Chlorine	Klor	Cl	17	35,45
Chromium	Kromium	Cr	24	52,00
Cobalt	Kobalt	Co	27	58,93
Copper	Tembaga	Cu	29	63,55
❖ Curium	Kurium	Cm	96	(247)
Dysprosium	Disprosium	Dy	66	162,5
❖ Einsteinium	Einsteinium	Es	99	(247)
Erbium	Erbium	Er	68	167,3
Europium	Europium	Eu	63	152,0
❖ Fermium	Fermium	Fm	100	(253)
Fluorine	Fluor	F	9	19,00
❖ Francium	Fransium	Fr	87	(223)
Gadolinium	Gadolinium	Gd	64	157,3
Gallium	Galium	Ga	31	69,72
Germanium	Germanium	Ge	32	72,59
Gold	Emas	Au	79	197,0
Hafnium	Hafnium	Hf	72	178,5
Helium	Helium	He	2	4,003
Holmium	Holmium	Ho	67	164,9
Hydrogen	Hidrogen	H	1	1,008



Indium	Indium	In	49	114,8
Iodine	Yodium	I	53	126,9
Iridium	Iridium	Ir	77	192,2
Iron	Besi	Fe	26	55,85
Krypton	Kripton	Kr	36	83,80
Lanthanum	Lantanium	La	57	138,9
✧ Lawrencium	Lawrensium	Lr	103	(257)
Lead	Timbal	Pb	82	207,2
Lithium	Litium	Li	3	6,941
Lutetium	Lutetium	Lu	71	175,0
Magnesium	Magnesium	Mg	12	24,31
Manganese	Mangan	Mn	25	54,94
Mendelevium	Mendelevium	Md	101	(256)
Mercury	Air raksa	Hg	80	200,6
Molybdenum	Molibdenum	Mo	42	95,94
Neodymium	Neodimium	Nd	60	144,2
Neon	Neon	Ne	10	20,18
✧ Neptunium	Neptunium	Np	93	(237)
Nickel	Nikel	Ni	28	58,69
Niobium	Niobium	Nb	41	92,91
Nitrogen	Nitrogen	N	7	14,01
✧ Nobelium	Nobelium	No	102	(253)
Osmium	Osmium	Os	76	190,2
Oxygen	Oksigen	O	8	16,00
Palladium	Paladium	Pd	46	106,4
Phosphorus	Fosfor	P	15	30,97
✧ Platinum	Platina	Pt	78	195,1
Plutonium	Plutonium	Pu	94	(242)
✧ Polonium	Polonium	Po	84	(210)
Potassium	Kalium	K	19	39,10
Praseodymium	Praseodimium	Pr	59	140,9
✧ Promethium	Prometium	Pm	61	(147)
Protactinium	Protaktinium	Pa	91	(231)
✧ Radium	Radium	Ra	88	(226)
Radon	Radon	Rn	86	(222)
Rhenium	Renium	Re	75	186,2
Rhodium	Rodium	Rh	45	102,9
Rudibium	Rudibium	Rb	37	85,47
Ruthenium	Rutenium	Ru	44	101,1
Samarium	Samarium	Sm	62	150,4
Scandium	Skandium	Sc	21	44,96
Selenium	Selenium	Se	34	78,96
Silicon	Silikon	Si	14	28,09
Silver	Perak	Ag	47	107,9
Sodium	Natrium	Na	11	22,99
Strontium	Stronsium	Sr	38	87,62
Sulfur	Belerang	S	16	32,07



Tantalum	Tantalum	Ta	73	180,9
Technetium	Teknesium	Tc	43	(99)
Tellurium	Telurium	Te	52	127,6
Terbium	Terbium	Tb	65	158,9
Thallium	Talium	Tl	81	204,4
☛ Thorium	Torium	Th	90	232,0
Thulium	Tulium	Tm	69	168,9
Tin	Timah	Sn	50	118,7
Titanium	Titanium	Ti	22	47,88
Tungsten	Wolfram	W	74	183,9
☛ Uranium	Uranium	U	92	238,0
Vanadium	Vanadium	V	23	50,94
Xenon	Xenon	Xe	54	131,3
Ytterbium	Iterbium	Yb	70	173,0
Yttrium	Itrium	Y	39	88,91
Zinc	Seng	Zn	30	65,39
Zirconium	Zirkonium	Zr	40	91,22

Keterangan: ☛ sifat radioaktif

Sumber: Chemistry (Chang), 2002

## Tetapan dan Lambang Tetapan yang Digunakan dalam Ilmu Kimia

Tetapan	Lambang	Besar Angka dan Satuan
Satuan massa atom	sma	1 sma = 1,660540 × 10 <sup>-27</sup> kg 1 g = 6,022137 × 10 <sup>23</sup> sma
Bilangan Avogadro	N <sub>A</sub>	NA = 6,022137 × 10 <sup>23</sup> /mol
Boltzmann	k	1,38066 × 10 <sup>23</sup> J/K
Muatan listrik	e	1,6021773 × 10 <sup>-19</sup> C (C = coulomb)
Tetapan gas	R	0,0820578 (L atm)/(mol K) 8,31451 J/(mol K)
Faraday	F	9,648531 C/mol → 96500 C/mol
Massa elektron	m <sub>e</sub>	5,485799 × 10 <sup>-4</sup> sma 9,109390 × 10 <sup>-31</sup> kg
Massa neutron	m <sub>n</sub>	1,008664 sma 1,674929 × 10 <sup>-27</sup> kg
Massa proton	m <sub>p</sub>	1,007276 sma 1,672623 × 10 <sup>-27</sup> kg
Tetapan Planck	h	6,626076 × 10 <sup>-34</sup> J.s
Kecepatan rambat cahaya	c	2,99792458 × 10 <sup>8</sup> m/s ≈ 3 × 10 <sup>8</sup> m/s



# Apendiks 3

## Harga Potensial Reduksi Unsur-Unsur

Setengah Reaksi	E° (volt)
$F_2(g) + 2 e^- \rightleftharpoons 2 F^-(aq)$	+2,87
$S_2O_8^{2-}(aq) + 2 e^- \rightleftharpoons 2 SO_4^{2-}(aq)$	+2,01
$PbO_2(s) + HSO_4^-(aq) + 3 H^+(aq) + 2 e^- \rightleftharpoons PbSO_4(s) + 2 H_2O$	+1,69
$2 HOCl(aq) + 2 H^+(aq) + 2 e^- \rightleftharpoons Cl_2(g) + 2 H_2O$	+1,63
$MnO_4^-(aq) + 8 H^+(aq) + 5 e^- \rightleftharpoons Mn^{2+}(aq) + 4 H_2O$	+1,51
$PbO_2(s) + 4 H^+(aq) + 2 e^- \rightleftharpoons Pb^{2+}(aq) + 2 H_2O$	+1,46
$BrO_3^-(aq) + 6 H^+(aq) + 6 e^- \rightleftharpoons Br^-(aq) + 3 H_2O$	+1,44
$Au^{3+}(aq) + 3 e^- \rightleftharpoons Au(s)$	+1,42
$Cl_2(g) + 2 e^- \rightleftharpoons 2 Cl^-(aq)$	+1,36
$O_2(g) + 4 H^+(aq) + 4 e^- \rightleftharpoons 2 H_2O$	+1,23
$Br_2(aq) + 2 e^- \rightleftharpoons 2 Br^-(aq)$	+1,07
$NO_3^-(aq) + 4 H^+(aq) + 3 e^- \rightleftharpoons NO(g) + 2 H_2O$	+0,96
$Ag^+(aq) + e^- \rightleftharpoons Ag(s)$	+0,80
$Fe^{3+}(aq) + e^- \rightleftharpoons Fe^{2+}(aq)$	+0,77
$I_2(s) + 2 e^- \rightleftharpoons 2 I^-(aq)$	+0,54
$NiO_2(s) + 2 H_2O + 2 e^- \rightleftharpoons Ni(OH)_2(s) + 2 OH^-(aq)$	+0,49
$Cu^{2+}(aq) + 2 e^- \rightleftharpoons Cu(s)$	+0,34
$SO_4^{2-}(aq) + 4 H^+(aq) + 2 e^- \rightleftharpoons Ni(OH)_2(s) + 2 OH^-(aq)$	+0,17
$AgBr(s) + e^- \rightleftharpoons Ag(s) + Br^-$	+0,07
$2 H^+(aq) + 2 e^- \rightleftharpoons H_2(g)$	0
$Sn^{2+}(aq) + 2 e^- \rightleftharpoons Sn(s)$	-0,14
$Ni^{2+}(aq) + 2 e^- \rightleftharpoons Ni(s)$	-0,25
$Co^{2+}(aq) + 2 e^- \rightleftharpoons Co(s)$	-0,28
$PbSO_4(s) + H^+(aq) + 2 e^- \rightleftharpoons Pb(s) + HSO_4^-(aq)$	-0,36
$Cd^{2+}(aq) + 2 e^- \rightleftharpoons Cd(s)$	-0,40
$Fe^{2+}(aq) + 2 e^- \rightleftharpoons Fe(s)$	-0,44
$Cr^{2+}(aq) + 3 e^- \rightleftharpoons Cr(s)$	-0,74
$Zn^{2+}(aq) + 2 e^- \rightleftharpoons Zn(s)$	-0,76
$2 H_2O + 2 e^- \rightleftharpoons H_2(g) + 2 OH^-(aq)$	-0,83
$Al^{3+}(aq) + 3 e^- \rightleftharpoons Al(s)$	-1,66
$Mg^{2+}(aq) + 2 e^- \rightleftharpoons Mg(s)$	-2,37
$Na^+(aq) + e^- \rightleftharpoons Na(s)$	-2,71
$Ca^{2+}(aq) + 2 e^- \rightleftharpoons Ca(s)$	-2,76
$K^+(aq) + e^- \rightleftharpoons K(s)$	-2,92
$Li^+(aq) + e^- \rightleftharpoons Li(s)$	-3,05

Sumber: Chemistry the Central Science, 2001

# Kamus Kimia

## A

**adisi:** reaksi yang mengubah ikatan ganda menjadi ikatan tunggal.

**afinitas elektron:** perubahan energi yang terjadi jika suatu atom atau molekul memperoleh elektron membentuk ion negatif.

**aldosa:** karbohidrat yang mengandung gugus fungsional aldehyd.

**alotropi:** variasi bentuk kristal karena perbedaan suhu dan tekanan.

**alkana:** senyawa hidrokarbon dengan ikatan tunggal.

**alkena:** senyawa hidrokarbon dengan ikatan rangkap dua.

**alkuna:** senyawa hidrokarbon dengan ikatan rangkap tiga.

**anilin:** turunan benzena yang mengandung gugus amina ( $-\text{NH}_2$ ).

**anion poliatom:** anion yang terdiri atas beberapa unsur.

**anion:** ion yang bermuatan negatif.

**anode:** elektrode positif.

**antioksidan:** bahan kimia yang berguna untuk mencegah oksidasi pada makanan atau tubuh makhluk hidup.

**asam:** jenis senyawa yang mengandung hidrogen dan berdisosiasi dalam air menghasilkan ion hidrogen positif.

**asam konjugasi:** spesi yang terbentuk jika suatu basa menerima  $\text{H}^+$

**atom:** bagian terkecil dari suatu unsur yang utuh secara kimia.

## B

**basa konjugasi:** spesi yang terbentuk jika suatu asam menerima  $\text{H}^+$

**benzena:** senyawa hidrokarbon aromatik yang mengandung enam atom karbon.

**bilangan oksidasi:** ukuran kendali elektron yang dimiliki atom dalam senyawa, lalu dibandingkan dengan unsur murninya.

## D

**deeksitasi:** perpindahan elektron dari tingkat energi yang lebih tinggi ke tingkat energi yang lebih rendah dengan memancarkan energi.

**daya oksidasi:** kemampuan mengoksidasi unsur lain.

**daya reduksi:** kemampuan mereduksi unsur lain.

**dipol:** dua kutub

**disosiasi:** peristiwa penguraian suatu zat menjadi beberapa zat lain yang lebih sederhana

**distilasi:** proses pemisahan komponen-komponen campuran berdasarkan perbedaan titik didihnya.

## E

**eksitasi:** perpindahan elektron dari tingkat energi yang rendah ke tingkat energi yang lebih tinggi dengan menyerap energi.

**elektrolisis:** pembangkit reaksi kimia dengan melewati arus listrik melalui elektrolit.

**elektrolit:** cairan yang menghantarkan listrik sebagai akibat adanya ion positif atau negatif.

**elektron valensi:** elektron pada kulit terluar atom yang berperan dalam pembentukan ikatan.

**elektron:** partikel dasar dengan muatan negatif.

**energi ionisasi:** energi yang menyebabkan ionisasi dan diukur dalam elektronvolt atau joule per mol.

## F

**fenol:** turunan benzena yang mengandung satu gugus hidroksi ( $-\text{OH}$ ) dengan rumus molekul  $\text{C}_6\text{H}_5\text{OH}$ .

## G

**gas mulia:** unsur-unsur gas monoatomik yang ada dalam golongan VIIIA pada tabel berkala: helium (He), neon (Ne), argon (Ar), kripton (Kr), xenon (Xe), dan radon (Rn).

**gaya antarmolekul:** interaksi antarmolekul dengan cara membentuk ikatan kimia

**golongan:** unsur-unsur dalam tabel periodik dalam kolom yang sama.

## H

**haloalkana:** suatu senyawa alkana yang memiliki gugus alkil atom halogen.

**halogenasi:** reaksi penggantian suatu atom oleh unsur halogen.

**hidrokarbon:** senyawa kimia yang hanya mengandung karbon dan hidrogen.

**hidrokarbon jenuh:** senyawa hidrokarbon yang tidak memiliki ikatan rangkap.

**hidrokarbon tak jenuh:** senyawa hidrokarbon yang memiliki ikatan rangkap.

## I

**ikatan hidrogen:** sejenis interaksi elektrostatis di antara molekul yang hidrogennya terikat pada atom elektronegatif (F, N, O).

**ikatan ion:** ikatan kimia yang terbentuk karena adanya pengalihan elektron.

**ikatan kovalen valensi:** ikatan kimia yang terbentuk ketika satu atom menyumbangkan 2 elektron sekaligus.

**ikatan kovalen:** ikatan kimia yang dibentuk melalui pemakaian elektron valensi bersama.

**ikatan logam:** ikatan kimia antara atom-atom logam, bukan merupakan ikatan ion maupun ikatan kovalen.

**ionisasi:** pengionan, proses menghasilkan ion.

**isomer:** beberapa senyawa kimia yang memiliki rumus molekul yang sama tetapi berbeda struktur molekulnya atau berbeda susunan atomnya dalam ruang.

**isotop:** satu atau dua atau beberapa atom dari unsur yang sama yang memiliki jumlah proton yang sama dalam intinya tetapi berbeda jumlah neutronnya.

## K

**karbohidrat:** senyawa hidrokarbon yang memiliki gugus fungsional aldehyd atau keton dan mengandung banyak gugus hidroksi.

**karboksida:** senyawa yang terbentuk dari hasil reaksi antara atom C dan atom O.

**katalis:** zat tambahan yang dapat mempercepat reaksi tetapi zat tersebut tidak ikut dalam reaksi.

**kation:** ion yang bermuatan positif.

**katode:** elektrode negatif.

**keelektronegatifan:** disebut juga elektronegatifitas merupakan nilai kecenderungan suatu atom untuk menarik elektron dalam pembentukan ikatan kimia.

**ketosa:** karbohidrat yang mengandung gugus fungsional keton.

**konduktivitas:** daya hantar listrik.

**konfigurasi elektron:** susunan elektron dalam setiap lintasan atom.

## M

**makromolekul:** molekul berukuran besar yang terdiri atas ribuan atau jutaan atom.

**massa atom:** satuan massa yang digunakan untuk menyatakan massa atom relatif, setara dengan  $\frac{1}{12}$  massa isotop karbon-12.

**massa jenis:** massa pada per satuan volume.

**massa molar:** massa molekul relatif atau massa rumus relatif yang dinyatakan dalam gram (gram/mol).

**meta:** posisi substituen pada atom C nomor 1 dan 3 pada cincin benzena.

**mol:** banyaknya zat yang mengandung satuan dasar di dalam 0,012 kg atom karbon-12.

**molar:** menyatakan jumlah mol zat terlarut dalam setiap liter larutan atau jumlah mmol zat terlarut dalam tiap mL larutan

**monomer:** satuan terkecil dari polimer. Misal, asam amino merupakan monomer dari protein.

**monosakarida:** karbohidrat yang terdiri atas satu unit sakarida.

## N

**neutron:** inti atom dengan muatan netral.

**nomor atom:** menyatakan banyaknya proton dalam inti atom, dilambangkan Z.

**nomor massa:** menyatakan jumlah neutron dalam atom jika diselisihkan dengan nomor atom.

**nonelektrolit:** larutan yang tidak dapat menghantarkan arus listrik.

**nonlogam:** unsur kimia yang merupakan penghantar kalor dan listrik yang buruk serta tidak membentuk ion positif.

## O

**oksida:** senyawa biner yang terbentuk antara unsur dengan oksigen.

**oksidasi:** pelepasan elektron.

**oksidator:** unsur atau senyawa yang mengalami reduksi.

**ozon:** gas tidak berwarna  $O_3$  yang larut dalam air dingin.

**orto:** posisi substituen pada atom C nomor 1 dan 2 pada cincin benzena.

## P

**para:** posisi substituen pada atom C nomor 1 dan 4 pada cincin benzena.

**pengoksidasi:** zat yang mengalami reaksi reduksi dan menyebabkan zat lain teroksidasi.

**penyaringan:** pemisahan zat dengan prinsip perbedaan ukuran partikel zat.

**pereaksi:** senyawa atau unsur kimia yang bereaksi.

**periode:** unsur-unsur tabel periodik dalam baris yang sama.

**persamaan reaksi:** persamaan kimia yang memberi nama pereaksi-pereaksi dan nama hasil reaksinya

**polimer:** zat dengan molekul besar yang terdiri atas monomer-monomer.

**proton:** partikel dasar dengan muatan positif.

## R

**reaksi adisi:** reaksi penghilangan ikatan rangkap dan digantikan dengan gugus fungsi (atom atau molekul).

**reaksi eliminasi:** reaksi pembentukan ikatan rangkap dari ikatan tunggal.

**reaksi redoks:** reaksi kimia yang melibatkan proses reduksi dan oksidasi.

**reaksi substitusi:** reaksi penggantian gugus fungsi (atom atau molekul) yang terikat pada atom C suatu senyawa hidrokarbon.

**reduksi:** penerimaan elektron.

**reduktor:** unsur atau senyawa yang mengalami oksidasi.

**reverse osmosis:** osmosis balik, metode untuk memisahkan zat dengan menggunakan membran semipermeabel dan tekanan yang tinggi.

**rumus molekul:** menyatakan jenis dan jumlah molekul yang ada.

**rumus empiris:** menyatakan perbandingan atom yang paling sederhana.

## S

**senyawa biner:** senyawa yang tersusun atas dua unsur kimia.

**senyawa ion:** senyawa yang terbentuk karena ikatan ion.

**senyawa kovalen biner:** senyawa biner dari nonlogam dan nonlogam.

**senyawa nonpolar:** senyawa yang memiliki molekul tanpa momen dipol permanen.

**senyawa organik:** senyawa karbon yang biasanya gabungan dari unsur hidrogen, oksigen, nitrogen, dan sulfur.

**senyawa polar:** senyawa ionik atau molekul dengan momen dipol permanen yang besar.

**senyawa poliatom:** senyawa ionik yang mengandung ion poliatomik.

**sifat fisika:** sifat suatu zat yang dapat diamati atau diukur tanpa mengubah komposisi zat tersebut.

**sifat kimia:** sifat suatu zat berdasarkan reaksinya dengan zat lain.

**sifat magnet:** sifat suatu zat terhadap daya tarik magnet.

## T

**titik didih:** suhu pada suatu tekanan udara jenuh suatu cairan sama dengan tekanan atmosfer luar.

**titik leleh:** suhu pada saat padatan berubah menjadi cair.

## U

**unsur:** zat yang tidak dapat diuraikan lagi menjadi zat yang lebih sederhana.

## V

**volume molar:** volume satu mol gas pada keadaan standar ( $0^\circ\text{C}$ , 1atm).

## Z

**zat aditif:** bahan kimia tambahan untuk mendapatkan sifat senyawa yang diharapkan.

# Indeks

## A

adisi 133, 154, 155, 167, 168, 170  
afinitas elektron 30  
aki 24, 37, 38, 39, 162  
alkana 104, 105, 109, 112, 120, 122, 130, 131  
alkena 137, 154  
alkohol 102, 104, 105, 106, 107, 108, 109, 111, 113, 117, 123, 124, 125, 126, 127, 128, 129, 130, 132, 133, 134  
amino 139, 159, 160, 161, 162, 167, 168, 169, 170, 174  
aromatik 141  
  
aspirin 141, 142, 146, 149

## B

basa 15, 25, 26, 27, 28, 51, 52, 57, 58, 59, 60, 62, 97, 127, 142, 161  
baterai 24, 36, 37, 39, 64  
bauksit 75  
belerang 25, 59, 60, 69  
benzoat 19, 96, 129, 131, 136, 142, 143, 146, 149, 173  
besi 42, 43, 44, 46, 47, 50, 51, 53, 63, 64, 65, 66, 67, 68, 72, 74, 75, 138  
bilangan oksidasi 24, 25, 44, 45, 51, 52

## C

cincin benzena 137, 139, 144, 161

## D

derajat ionisasi 18, 19, 96  
diagram fase 7  
dipeptida 159, 160, 162, 170  
disakarida 155, 157, 158, 159, 174  
distilasi 11, 12, 62, 63, 66, 72

## E

eksitasi 58  
ekstraksi 66, 68, 72  
elektrode 29, 31, 32, 33, 34, 35, 36, 37, 38, 40, 41, 43, 46, 47, 48, 97  
elektrode standar 33, 34, 36  
elektron 16, 24, 25, 26, 27, 28, 29, 30, 31, 32, 33, 37, 38, 39, 41, 44, 45, 46, 47, 54, 58, 74, 80, 94, 97, 98  
energi ionisasi 30  
ester 102, 111, 116, 123, 124, 125, 127, 128, 130, 132, 134  
esterifikasi 128  
eter 22

## F

fenol 139, 142, 143, 144  
fluorin 74, 120  
fosfor 62, 64, 74, 75, 142  
fraksi mol 3, 4, 6, 7, 17, 19, 21, 98  
fruktosa 15, 21

## G

galaktosa 155, 156, 157, 158, 169, 174  
glikogen 155, 158, 169  
glukosa 4, 5, 9, 10, 15, 16, 21, 22, 96, 155, 156, 157, 158, 169, 174

## H

haloalkana 101, 102, 120, 121, 124, 130, 133  
hasil reaksi 39, 59, 127, 128  
hidrogen 18, 26, 27, 30, 33, 34, 37, 38, 39, 47, 48, 51, 53, 63, 66, 70, 74, 80, 87, 92, 95, 96, 97, 101, 102, 125, 126, 127, 136, 148, 169  
hidrokarbon 100, 103, 136, 137, 154, 169  
hidroksida 37, 40, 63, 174

## I

ikatan peptida 159, 161, 169  
inert 40, 47, 48  
iodin 56, 74, 120  
ionisasi 16, 17, 18, 19, 30, 96, 97  
isomer 122, 123, 124, 125, 133, 134, 173, 174  
isotop 75, 80, 81, 82, 83, 84, 85, 86, 87, 89, 90, 92, 95, 173

## K

kalium 25, 32, 37, 39, 47, 48, 57, 58, 61, 63  
karat 43, 44, 52, 63, 65, 67  
karbohidrat 152, 153, 155, 157, 167, 169, 174  
karboksilat 101, 102, 111, 112, 113, 114, 115, 116, 123, 124, 125, 127, 128, 129, 130, 131, 132, 134, 144, 159, 173, 174  
kation 39, 61  
katode 29, 31, 32, 33, 36, 37, 38, 39, 40, 41, 42, 43, 44, 47, 48, 68, 97, 98  
keelektronegatifan 74  
keton 101, 102, 112, 113, 117, 118, 119, 123, 124, 126, 127, 129, 130, 133, 138, 156, 173, 174  
ketosa 156, 170  
korosi 24, 43, 44, 45, 51, 60, 66

## L

lakmus 59, 60  
laktosa 156, 158, 169, 174  
lemak 115, 116, 129, 153, 164, 165, 166, 167, 169, 174  
164, 165, 166, 167, 169, 174  
logam 24, 29, 30, 31, 38, 39, 40, 42, 43, 44, 45, 46, 47, 50, 51, 52, 53, 57, 58, 59, 60, 65, 66, 67, 68, 69, 72, 74, 75, 76, 97, 126, 127

## M

magnesium 15, 18, 59, 60, 61, 64, 66, 72  
magnet 54, 66  
makromolekul 152, 169  
maltosa 156, 157, 158, 174  
margarin 164, 166  
monomer 152, 154, 167, 169, 174  
monosakarida 155, 156, 157, 158, 159, 167

## N

natrium 25, 26, 27, 39, 42, 47, 60, 61, 63, 64, 70, 71, 74, 128, 174  
nilon 153, 154, 167, 169  
nitrogen 48, 53, 62, 63, 71, 72, 74, 84

## O

oksidasi 24, 25, 27, 28, 29, 30, 31, 32, 33, 36, 40, 43, 44, 45, 47, 51, 52, 54, 74, 143, 166  
oksidator 29, 74, 75, 76  
oksigen 24, 25, 27, 37, 38, 44, 47, 51, 52, 53, 62, 63, 64, 68, 72, 74, 75, 84, 97, 101, 102, 148  
osmosis 12, 13, 14, 15

## P

pemisahan 14, 71  
pereaksi 36, 122, 123, 143, 150  
periode 58, 59, 62, 74, 83  
persamaan reaksi 24, 25, 26, 27, 28, 29, 33, 46, 51, 56, 64, 83, 85, 93, 143, 144, 152, 165  
pestisida 143  
polimer 129, 144, 152, 153, 154, 155, 158, 162, 167, 169, 170, 173  
polimerisasi 154, 155, 167, 169, 170, 174  
potensial elektrode 33, 34, 46  
potensial sel 31, 34, 36, 47, 48  
primer 36, 45, 109  
protein 14, 152, 153, 154, 155, 158, 159, 160, 161, 162, 167, 169, 174  
pupuk 62, 63, 64, 71, 72, 73

## R

reduksi 24, 25, 27, 28, 29, 30, 31, 32, 33, 34, 35, 36, 39, 40, 44, 46, 47, 56, 57, 66, 68, 74, 97  
reduktor 29, 30, 46, 66, 97  
rumus empiris 9  
rumus molekul 111, 122, 155, 167, 173

## S

salisilat 144, 145  
sekunder 36, 37, 109  
sel elektrolisis 29, 38, 39, 41, 42, 44, 45, 48, 68  
sel volta 97  
selulosa 158  
senyawa karbon 100, 101, 102, 103, 104, 114, 115, 122, 130, 134, 156, 174  
senyawa kimia 100, 116, 146  
senyawa organik 100, 113  
sifat fisika 2, 80  
sifat kimia 2, 53, 54, 56, 74, 92, 100  
sifat magnet 54  
struktur cincin 100  
substitusi 137, 138, 139, 140, 146

## T

teflon 153, 154, 167, 169  
tekanan osmotik 5, 13, 14, 15, 18, 19, 20, 21, 22, 96  
tembaga 30, 31, 39, 41, 46, 47, 48, 50, 51, 52, 66, 67, 69, 72, 74, 75, 97  
tersier 108, 109  
titik didih 5, 7, 8, 9, 15, 17, 18, 19, 20, 21, 22, 54, 55, 72, 74, 96, 98, 125, 126, 127, 129, 141, 142, 143, 144  
titik leleh 11, 52, 54, 55, 72, 74, 141, 142, 143, 144

## U

uranium 80, 82, 83, 84, 86, 91, 92

## V

vanadium 64, 65  
voltmeter 31

## Z

zat aditif 129, 130  
zat pewarna 143

# Daftar Pustaka

- Achmad Hiskia, Tupamahu. 1991. *Penuntun Belajar Kimia: Stoikiometri dan Energetika*. Bandung: PT Citra Aditya Bakti.
- Brady, James E. dan Fred Senese. 2004. *Chemistry: Matter and Its Changes. 4th Edition*. New York: John Wiley & Sons, Inc.
- Brown, Theodore L. et.al. 2000. *Chemistry The Central Science*. New Jersey: Prentice Hall.
- Chang, Raymond. 2002. *Chemistry. 7th edition*. New York: McGraw-Hill.
- Drewes, F. Kristen Milligen. 2000. *How to Study Science. 3ed edition*. New York: McGraw - Hill.
- Fullick, A. dan Patrick F. 2000. *Chemistry*. Edisi kedua. Oxford: Heinemann.
- Heyworth, Rex. M. 2000. *Science Discovery 1*. Singapore: Pearson Education Asia Pte, Ltd.
- Mc Murry, John dan Robert C Fay. 2001. *Chemistry*. New Jersey: Prentice Hall.
- Millio, Frank R. 1991. *Experiment in General Chemistry*. New York: Sauders College Publishing.
- Murov, Steve dan Brian Stedjee. 2000. *Experiments and Exercises in Basic Chemistry. 5th edition*. New York: John Wiley & Sons, Inc.
- Newmark, Ann. 1997. *Jendela IPTEK: Kimia*. Jakarta: Balai Pustaka.
- Newmark, Ann. 1997. *Jendela IPTEK: Materi*. Jakarta: Balai Pustaka.
- Olmsted, Jhon dan Gregory M.W. 1997. *Chemistry The Molecular Science*, Edisi kedua. Dubuque: Wm. C. Brown.
- Petrucchi, Ralph H. dan Wiliam Harwood. 1997. *General Chemistry Principles and Modern Application. 7th edition*. New Jersey: Prentice Hall.
- Ryan. L. 2001. *Chemistry for You*. London: Nelson Thornes.
- Sevenair, John P. Burkett dan Allan R. 1997. *Introductory Chemistry*. Dubuque: Wm. C. Brown Communication.
- Sherman, Alan dan Sharon J. Sherman. 1996. *Basic Concept of Chemistry. 6th edition*. New Jersey: Houghton Mifflin Company.

## Sumber lain:

dbhs.wvusd.k12.ca  
harleypics.com  
<http://id.wikipedia.org>  
[www.bppt.go.id](http://www.bppt.go.id)  
[www.depkes.go.id](http://www.depkes.go.id)  
[www.fbr.fh.frankfurt.com](http://www.fbr.fh.frankfurt.com)  
[www.innovationcanada.ca](http://www.innovationcanada.ca)  
[www.riviera-concepts.com](http://www.riviera-concepts.com)  
[www.rjautowork.com](http://www.rjautowork.com)  
[www.ruf.rice.edu](http://www.ruf.rice.edu)







Buku ini telah dinilai oleh Badan Standar Nasional Pendidikan (BSNP) dan telah dinyatakan layak sebagai buku teks pelajaran berdasarkan Peraturan Menteri Pendidikan Nasional Nomor 27 tahun 2007 tanggal 25 Juli 2007 Tentang Penetapan Buku Teks Pelajaran Yang Memenuhi Syarat Kelayakan Untuk Digunakan Dalam Proses Pembelajaran.

## Praktis Belajar Kimia

Membuka wawasan dan cakrawala siswa tentang fakta-fakta kehidupan. Buku ini menghadirkan gagasan-gagasan komunikatif yang dapat mengarahkan siswa untuk berpikir cerdas dan kreatif dalam memecahkan masalah di lingkungan sekitar.



ISBN 978-979-068-713-4 (nomor jilid lengkap)  
ISBN 978-979-068-716-5

Harga Eceran Tertinggi (HET) Rp12.980,-